



Impacto da Aplicação de Alarmes Inteligentes na Qualidade da Informação Disponibilizada pelo SCADA da EDP Distribuição

João Pedro Fernandes Mota

PARA APRECIÇÃO POR JÚRI

Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Orientador: Prof. Doutor Armando Jorge Sousa

Co-orientador: Eng. António Leitão

8 de setembro de 2014

**MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA
ELETROTÉCNICA E DE COMPUTADORES**

2013/2014


A Dissertação intitulada

***“Impacto da Aplicação de Alarmes Inteligentes na Qualidade da Informação
Disponibilizada pelo SCADA da EDP Distribuição”***

foi aprovada em provas realizadas em 03-10-2014

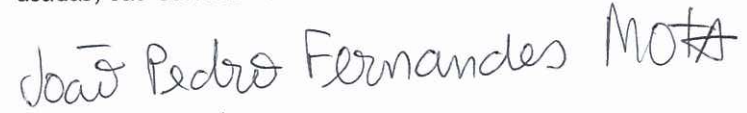
o júri


Presidente **Professor Doutor Artur Manuel de Figueiredo Fernandes e Costa**
Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto


Professora Doutora Ângela Paula Barbosa da Silva Ferreira
Professora Adjunto da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto
Politécnico de Bragança


Professor Doutor Armando Jorge Miranda de Sousa
Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

O autor declara que a presente dissertação (ou relatório de projeto) é da sua exclusiva autoria e foi escrita sem qualquer apoio externo não explicitamente autorizado. Os resultados, ideias, parágrafos, ou outros extratos tomados de ou inspirados em trabalhos de outros autores, e demais referências bibliográficas usadas, são corretamente citados.


João Pedro Fernandes Mota
Autor

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Resumo

Também os Sistemas Elétricos de Energia, com a tão acentuada evolução tecnológica, viram e sentiram inevitavelmente, renovações no seu funcionamento. O inerente aumento progressivo e abundante de automatismos na rede, muito devido ao anseio pelo controlo total da rede, juntamente com a aglomeração de vários Centros de Condução e Comando, resultaram na convergência de uma elevada quantidade de informação. Esta informação, por conseguinte, aliada à acentuada redução de recursos humanos, aumentou significativamente a relação alarmes por operador. Estando porém a situação de rotina controlada, os operadores de rede com maior ou menor dificuldade, vão dando vazão aos alarmes recebidos. A situação agrava-se por vezes devido a fenómenos exógenos à própria rede, tal como são exemplo máximo as perturbações tal como tempestades. A quantidade de informação por vezes chega a ser oito vezes superior à de um dia normal, tornando a tarefa do operador mais complicada. De modo a combater este problema, esta dissertação tem a finalidade de desenvolver um modelo que atenua significativamente a relação número de alarmes por operador por unidade de tempo acima, apoiando-se em *Smart Alarm Processing*.

O trabalho começou com um estudo do *GENESys*, o atual SCADA da EDP-Distribuição e estudo sobre a estrutura de eventos e alarmes. Foi ainda estudado o estado da arte em tratamento inteligente de alarmes. O algoritmo proposto foi apenas um dos primeiros passos numa eventual mudança numa maior do Scada da EDP-Distribuição.

Com vista à resolução do problema do excessivo volume de informação desnecessária apresentada aos operadores, foi proposto um algoritmo para a formação de alarmes inteligentes (compostos). O caso de estudo utilizado foi a tempestade *GONG*, que ocorreu no ano de 2013 e em 2 dias foram gerados, 1.2 milhões de eventos registados.

O algoritmo proposto baseia-se em descobrir todos os pares *Disparo – Religação*. De seguida, procura para esse painel, qual o disparo imediatamente seguinte e agrupar dentro do alarme inteligente. Por último, ao ocultar do operador os alarmes que ocorreram, para o mesmo painel, entre os dois disparos consecutivos, a informação mostrada vem reduzida facilitando a função do operador do SCADA. Adicionalmente, o algoritmo proposto verifica que alarmes escondidos normalizaram apenas ao fim de um determinado período de tempo, estipulado. Este algoritmo tenta minimizar o perigo de esconder informação que exija atuação do operador humano.

Com o algoritmo proposto conseguiu-se uma redução de cerca de 15 alarmes originais para 1 alarme inteligente (composto).

Obtiveram-se bons resultados tanto no número de alarmes compostos como na contagem de alarmes ocultados mas com informação relevante.

Em conclusão, após o teste do modelo desenvolvido numa aplicação gráfica semelhante à realizada aqui, e perante dados idênticos ao *GONG*, que inevitavelmente se registarão, verificar-se-á agora, uma operação do SCADA mais fácil devido à utilização de alarmes inteligentes (compostos), levando a menos fadiga por parte dos operadores e quiçá uma diminuição de RH. Desta forma, avizinhar-se-á uma melhor continuidade de serviço e por sua vez, custos acrescidos pelo não fornecimento de energia serão poupados.

Abstract

Driven by the fast pace of technology evolution, Electrical Power Systems have experienced the inevitable change in the way they operate.

As companies aim to have full control of the networks one consequent challenge that they face is the significant growth of data that operators need to handle in the Network Control Rooms. The increase is driven by several factors: (1) The proliferation of network automation devices, (2) merging of several Network Control Rooms in bigger hubs and (3) Reduction of number of operators by the companies in order to meet productivity targets.

Today, for majority of operating conditions, the amount of alarms that network operators need to handle is still manageable. However, the challenge rises significantly during abnormal events like storms or other natural disasters. During such events the situation becomes too overwhelming for the operators as the amount of alarms grows ten to fifteen times the average number of alarms per shift that they have to respond to. Thus, the surging complexity and entropy in the control room is translated in less efficient decision-making and delays in the way operators respond to those events.

The dissertation's aim and objective is to develop a model that reduces the ratio of alarms per operators by using the Smart Alarm Processing methodology.

Prior to Development phase an awareness study of *GENESys*, current SCADA of EDPDIS, was done in order to understand some basic concepts about the structure of events and type of alarms. The outcome of this study, beside it had been key in the execution of this work, was an inspiration for the design of the Graphic User Interface. Equally important was the contribution of the State of the Art study about Smart Alarm Processing. It enabled the acquisition of key concepts and can add value for future developments, as this algorithm is just the first step of what can be a big change in SCADA alarm processing paradigm.

Ended the study phase, in order to reduce the volume of surplus data presented to the operators, it was proposed a prototype with reduced number of alarms for one of the most extreme case study – The *GONG* storm event. The model developed consists, succinctly, in identifying all alarms from the list of the events occurred, tag them and group in composite alarms. A composite alarms group alarms that have occurred between two consecutive circuit breaker trips belonging to the same panel.

Bottom line, after the integration of the developed model in EDIS's SCADA, in case of similar events as occurred during *GONG* storm, the operators would be exposed to a clean and filtered SCADA. That would result in faster reaction times and better decisions taken by operators minimizing power shutdowns and improving the overall process reliability.

Agradecimentos

Durante os cinco anos que estive na faculdade de engenharia, enquanto aluno, percebi, apesar do processo solitário que está destinado a cada estudante, pois singrar apenas depende de cada um, que um curso reúne contributos de várias pessoas. Mais do que imaginamos. Agora, depois de realizada a dissertação, desta vez enquanto investigador, volto a reiterar essa afirmação, com a certeza de que nunca fez tanto sentido como agora. O trabalho de investigação é duro, e o apoio é fundamental. E eu, sendo totalmente apologista do célebre provérbio africano:

“If you want to go fast, go alone. If you want to go far, go together.”

African Proverb

precisei desse apoio. Assim,

Ao Professor Doutor Armando Sousa, pela disponibilidade e conselhos prestados,
Ao Engenheiro António Leitão, pela paciência e persistência no alcance dos objetivos,
Aos meus Pais, por serem o alicerce do meu percurso académico,
Aos meus irmãos, por acreditarem em mim,
À minha avó, pela companhia e pelos mais sábios ensinamentos,
À Ana, por caminhar comigo sempre de mão dada,
À Mafalda, por ser a melhor Amiga,
E Aos meus Amigos, por me preencherem,

O meu eterno Obrigado.

Por fim, e em tom de desabafo, o meu profundo e sentido agradecimento a todas as pessoas que, de uma forma ou de outra, me ajudaram nesta conquista. Com a esperança de poder contar convosco para novas e futuras vitórias, esta é, por completo, dedicada a vocês.

João Pedro Fernandes Mota

*“O destino costuma estar ao virar da esquina. Como se fosse um gatuno, uma rameira
ou um vendedor de lotaria: as suas três encarnações mais batidas.
Mas o que não faz é visitas ao domicílio.
É preciso ir atrás dele.”*

Carlos Ruiz Zafón, em *A Sombra do Vento*

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Objetivos	2
1.2	Estratégia	2
1.3	Informação e Ferramentas Utilizadas	3
1.4	Estrutura da Dissertação	3
2	Estado da Arte	5
2.1	Introdução	5
2.2	Centros de Condução e Controlo em Sistemas Elétricos de Energia	6
2.2.1	Centros de Condução e Despacho na EDP Distribuição	7
2.2.2	Identificação de Problemas em Centros de Condução e Controlo	8
2.3	<i>GENESys</i>	10
2.3.1	Alarmes	12
2.3.1.1	Sumário de Alarmes	12
2.3.1.2	Lista de Alarmes	13
2.3.1.3	Estrutura dos Alarmes	15
2.4	Tratamento Inteligente de Alarmes	19
2.4.1	Requisitos	19
2.4.2	Inteligência Artificial	20
2.4.3	TIA na EDP Distribuição	22
2.5	Caso em Estudo: <i>GONG</i>	24
2.6	Resumo e Conclusões	27
3	Aplicação prova de conceito	29
3.1	Algoritmo desenvolvido	29
3.2	<i>Design</i> e <i>layout</i> da interface gráfica	58
3.2.1	Ecrã Mapa	62
3.2.2	Ecrã Indicadores	63
3.2.3	Ecrã Exploração de Alarmes	64
3.2.4	Ecrã Disjuntores Desligados	66
3.2.5	Ecrã Disjuntores Religados	68
3.2.6	Ecrã Proteções	69
3.3	Simulação	70
3.4	Resumo e Conclusões	78
4	Análise e Demonstração de Resultados	81
4.1	Resultado Obtidos Através da Aplicação	82
4.1.1	Ecrã Mapa	82

4.1.2	Ecrã Indicadores	84
4.1.3	Ecrã Exploração de Alarmes	84
4.1.4	Ecrã Disj. Desligados	85
4.1.5	Ecrã Disj. Religados	88
4.1.6	Ecrã Proteções	88
4.2	Validação da Aplicação	88
4.2.1	Resultados da Redução de Alarmes	89
4.2.2	Resultados Obtidos <i>versus</i> Resultados Padrão	94
4.2.2.1	SCADA Norte	95
4.2.2.2	SCADA Sul	97
4.2.2.3	SCADA Norte + SCADA Sul	99
4.2.2.4	Classificação dos Alarmes Compostos	102
4.2.3	Impacto da Aplicação do Algoritmo na Qualidade da Informação Disponibilizada pelo SCADA da EDP Distribuição	104
4.3	Resumo e Conclusões	104
5	Conclusão	107
5.1	Trabalhos Futuros	108
A	Resultados	109
A.1	Resultados da Redução de Alarmes	109
A.2	Resultados Obtidos <i>versus</i> Resultados Padrão	111
A.2.1	Resultados da Classificação de Alarmes Compostos	111
	Referências	117

Lista de Figuras

2.1	Caracterização da informação dos três níveis de tensão da rede da EDIS	6
2.2	Esquema da interligação Dados – Centro de Condução	8
2.3	Arquitetura do GENESys	11
2.4	Sumário de Alarmes	12
2.5	Lista de Alarmes	13
2.6	Evolução dos Alarmes SCADA, por dia, entre 2007 e 2012, gerados pela EDIS .	22
2.7	Evolução dos Alarmes SCADA, por mês, entre 2007 e 2012, gerados pela EDIS .	23
2.8	Imagens satélite da depressão no dia 19-01-2013 às 14h	25
2.9	Número de eventos SCADA/DMS, terceira semana de 2012 <i>versus</i> terceira se- mana de 2013	26
2.10	Evolução da não energização em Portugal Continental durante o <i>GONG</i>	27
3.1	Formulário da Aplicação	59
3.2	Formulário de Novo Utilizador	60
3.3	Formulário de Login	60
3.4	Formulário do <i>Menu</i>	61
3.5	Formulário do Mapa	62
3.6	Formulário de Indicadores	63
3.7	Formulário de Exploração Alarmes	64
3.8	Formulário dos Alarmes Escondidos	65
3.9	Formulário de Disjuntores Desligados	66
3.10	Formulário relativo à evolução dos disparos ao longo do tempo	67
3.11	Formulário relativo à exploração dos disparos nos intervalos de tempo mais críticos	68
3.12	Formulário de Disjuntores Religados	69
3.13	Formulário de Proteções	69
4.1	Formulário do Mapa	82
4.2	Disparos por distrito	83
4.3	Religações por distrito	83
4.4	Formulário de Indicadores	84
4.5	Formulário de Exploração Alarmes	84
4.6	Formulário dos Alarmes Escondidos	85
4.7	Formulário de Disjuntores Desligados	85
4.8	Formulário relativo à evolução dos disparos ao longo do tempo	85
4.9	Formulário relativo à exploração dos disparos nos intervalos de tempo mais críti- cos, tanto quanto ao seu valor como à sua geografia	86
4.10	Formulário relativo à exploração dos disparos nos intervalos de tempo mais críti- cos, tanto quanto ao seu valor como à sua geografia	86

4.11	Formulário relativo à exploração dos disparos nos intervalos de tempo mais críticos, tanto quanto ao seu valor como à sua geografia	87
4.12	Formulário relativo à exploração dos disparos nos intervalos de tempo mais críticos, tanto quanto ao seu valor como à sua geografia	87
4.13	Formulário de Disjuntores Religados	88
4.14	Formulário de Proteções	88
4.15	Gráfico de barras relativo à comparação, por hora, entre o número de eventos que não originaram alarme, o número de alarmes por proteção e alterações de estado de disjuntores, o número de outros alarmes, o número total de alarmes e o número de alarmes compostos	89
4.16	Gráfico empilhado relativo à comparação, por hora, entre o número de eventos que não originaram alarme, o número de alarmes por proteção e alterações de estado de disjuntores, o número de outros alarmes e o número de alarmes compostos	90
4.17	Gráfico empilhado relativo à comparação, por hora, entre o número de alarmes por proteção e alterações de estado de disjuntores e o número de alarmes compostos	91
4.18	Gráfico empilhado relativo à comparação, por hora, entre o número de alarmes por proteção e alterações de estado de disjuntores e o número total de alarmes	92
4.19	Gráfico de linhas relativo à comparação, por hora, entre o número de disparos por proteções obtidos, no SCADA norte, e o respetivo resultado padrão	95
4.20	Gráfico de linhas relativo à comparação, por hora, entre o número de religações automáticas obtidas, no SCADA norte, e o respetivo resultado padrão	95
4.21	Gráfico de linhas relativo à comparação, por hora, entre o número de religações manuais obtidas, no SCADA norte, e o respetivo resultado padrão	96
4.22	Gráfico de linhas relativo à comparação, por hora, entre o número de religações obtidas, no SCADA norte, e o respetivo resultado padrão	96
4.23	Gráfico de linhas relativo à comparação, por hora, entre o número de disparos por proteções obtidos, no SCADA sul, e o respetivo resultado padrão	97
4.24	Gráfico de linhas relativo à comparação, por hora, entre o número de religações automáticas obtidas, no SCADA sul, e o respetivo resultado padrão	98
4.25	Gráfico de linhas relativo à comparação, por hora, entre o número de religações manuais obtidas, no SCADA sul, e o respetivo resultado padrão	98
4.26	Gráfico de linhas relativo à comparação, por hora, entre o número de religações obtidas, no SCADA sul, e o respetivo resultado padrão	99
4.27	Gráfico de linhas relativo à comparação, por hora, entre o número de disparos por proteções obtidos, no SCADA nacional, e o respetivo resultado padrão	100
4.28	Gráfico de linhas relativo à comparação, por hora, entre o número de religações automáticas obtidas, no SCADA nacional, e o respetivo resultado padrão	100
4.29	Gráfico de linhas relativo à comparação, por hora, entre o número de religações manuais obtidas, no SCADA nacional, e o respetivo resultado padrão	101
4.30	Gráfico de linhas relativo à comparação, por hora, entre o número de religações obtidas, no SCADA nacional, e o respetivo resultado padrão	101

Lista de Tabelas

2.1	Inquérito produzido pelo grupo de trabalho <i>Current Operational Problems</i> do sub-comité <i>System Operation</i> do IEEE	9
2.2	Constituição do sistema	11
2.3	Informação da Lista de Alarmes	14
2.4	Cores das linhas da Lista de Alarmes	15
2.5	Tipos de qualificação do alarme	15
2.6	Estrutura do TAG	16
2.7	Composição do TAG	16
2.8	TAG relativa à zona geográfica, ou distrito, onde ocorreu o alarme	17
2.9	TAG relativa ao tipo de instalação onde ocorreu o alarme	18
2.10	TAG relativa ao nível de tensão a que ocorreu alarme	18
2.11	Descrição do campo <i>LOGTYPE</i>	19
2.12	Descrição do campo <i>STYPE</i>	19
2.13	Coloração por energização	27
3.1	<i>Query</i> exemplo	30
3.2	Tipos de <i>queries</i>	30
3.3	Campos da tabela T_EVENT_LOG_GONG	31
3.4	Evento exemplo	31
3.5	Q_01_T_Eventos	32
3.6	Q_02_T_DJEST_DESL	33
3.7	Q_02_A_T_DJEST_DESL+DESL_ANTERIOR	34
3.8	Q_02_B_DJEST_DESL+DESL_ANTERIOR	34
3.9	Q_02_C_T_DJEST_DESL+DESL_ANTERIOR	35
3.10	T_DJEST_DESL+DESL_ANTERIOR	35
3.11	Q_03_T_DJEST_DESL_PR	36
3.12	Q_04_DJEST_DESL_PR_mais_antiga	37
3.13	Q_05_T_Disparos	38
3.14	T_Disparos	39
3.15	Q_06_T_DJEST_LIG	40
3.16	Q_07_T_DJEST_LIG_Religacoes	40
3.17	Q_08_DJEST_LIG_mais_recente	41
3.18	Q_08A_DJEST_LIG_anterior	41
3.19	Q_09_T_Religacoes	42
3.20	T_Religacoes	43
3.21	Q_10_T_AlarmesEscondidos	44
3.22	Q_11_Religacoes_NOK	45
3.23	Q_12_T_AlarmesCompostos_Disparos	46

3.24	Q_13_T_AlarmesCompostos_Religacoes	47
3.25	Divisão do descritivo de um disparo	48
3.26	Q_11_Religacoes_NOK	48
3.27	Divisão do descritivo de uma religação	49
3.28	Q_11_Religacoes_NOK	49
3.29	Tempos definidos para os três tipos de religação diferentes	50
3.30	T_AlarmesCompostos_campos	51
3.31	T_AlarmesCompostos	52
3.32	Q_18_T_AlarmesEscondidos_normalizados	53
3.33	Q_19_proxima_normalizacao_AlarmeEscondido	53
3.34	Q_20_T_tempos_normalizacao_AlarmesEscondidos	54
3.35	T_AlarmesEscondidos_temposnormalizacao	55
3.36	M_01_processing_1_clean	56
3.37	M_02_processing_2	57
3.38	M_03_processing	57
3.39	Modos de vista	65
3.40	Categorização temporal dos disjuntores que estiveram desligados	67
3.41	Categorização temporal dos defeitos elétricos	70
3.42	Q_01_T_AlarmesCompostos_simulacao	71
3.43	M_1_simulacao	71
3.44	M_2_simulacao_clean	72
3.45	M_3_simulacao	72
3.46	M_4_simulacao	72
3.47	M_5_simulacao	73
3.48	Q_02_T_AlarmesCompostos_simulados	73
3.49	Função de atualização	74
3.50	M_6_simulacao	74
3.51	Q_03_AlarmesCompostos_simulacao_aux	74
3.52	Q_0_simulacao_Normalizacoes	75
3.53	Q_0_simulacao_ResolvidoParcialmente	75
3.54	Q_0_simulacao_ResolvidoSim	76
3.55	Tabela Exemplo	76
3.56	Função de espera	77
3.57	Código de cor usado	78
4.1	Resultados totais obtidos para cada topologia de alarme	93
4.2	Distritos que envolvem o SCADA norte e o SCADA sul	94
4.3	Erro absoluto e relativo dos resultados obtidos, no SCADA norte, relativamente aos resultados padrão	97
4.4	Erro absoluto e relativo dos resultados obtidos, no SCADA sul, relativamente aos resultados padrão	99
4.5	Erro absoluto e relativo dos resultados obtidos, no SCADA Norte + SCADA Sul, relativamente aos resultados padrão	102
4.6	Classificação dos alarmes compostos	103
4.7	Número e percentagem, relativamente ao total, de proteções que não normalizaram no tempo expectável	104
A.1	Resultados da Redução de Alarmes, parte 1/3	109
A.2	Resultados da Redução de Alarmes, parte 2/3	110

A.3	Resultados da Redução de Alarmes, parte 3/3	111
A.4	Resultados Obtidos <i>versus</i> Resultados Padrão para o SCADA Norte, parte 1/2 . .	112
A.5	Resultados Obtidos <i>versus</i> Resultados Padrão para o SCADA Norte, parte 2/2 . .	113
A.6	Resultados Obtidos <i>versus</i> Resultados Padrão para o SCADA Sul, parte 1/2 . . .	114
A.7	Resultados Obtidos <i>versus</i> Resultados Padrão para o SCADA Sul, parte 2/2 . . .	115
A.8	Resultados da Classificação de Alarmes Compostos para ambos os SCADAs . . .	116

Abreviaturas e Símbolos

AA	Aprendizagem Automática
AAED	Alarmes por Alteração de Estado de Disjuntores
AC	Alarmes Compostos
ANN	<i>Artificial Neural Networks</i>
AP	Alarmes por Proteção
AT	Alta Tensão
BT	Baixa Tensão
CCC	Centro de Condução e Comando
CClass	Corretamente Classificados
DAT	Departamento de Automação e Telecomando da EDIS
DMS	<i>Distribution Management System</i>
DPR	Disparos por Proteção
EClass	Erroneamente Classificados
EDP	Energias de Portugal
EDIS	EDP Distribuição
ENOA	Eventos que Não Originaram Alarme
h	hora
hPa	hectopascal, múltiplo 10^2
IA	Inteligência Artificial
IPMA	Instituto Português do Mar e da Atmosfera
km	quilómetro
MAT	Muito Alta Tensão
MT	Média Tensão
MOE	<i>Microsoft Office Excel</i>
NA	Número de Alarmes
NI	Não Identificados
OA	Outros Alarmes
OCR	Orgão de Corte de Rede
ODBC	<i>Open Data Base Connectivity</i>
RA	Religações Automáticas
REN	Rede Energética Nacional
RH	Recursos Humanos
RM	Religações Manuais
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
SEE	Sistema Elétrico de Energia
SQL	<i>Structered Query Language</i>
TIA	Tratamento Inteligente de Alarmes
TSO	<i>Transmission System Operator</i>

Capítulo 1

Introdução

Decorrem desenvolvimentos para que a EDP Distribuição implemente um sistema de tratamento inteligente de alarmes no SCADA. Neste sistema, apenas se pretende que sejam apresentados alarmes compostos, obtidos através da correlação de um conjunto eventos, em tudo transparentes para o operador, facilitando a tomada de decisão deste e por essa via decisivamente contribuindo para uma melhor performance da rede. Este projeto decorre da necessidade primordial de uma melhor e mais assertiva gestão em situações caóticas no sistema, tipicamente provocadas por fenómenos exógenos à própria rede de que são exemplo típico as perturbações de natureza atmosférica, como tempestades ou intempéries. Nestas situações o número de alarmes que atinge o SCADA é exorbitante [1], sendo o seu devido tratamento utópico, pelo que, na maioria das vezes, escapam aos operadores eventos importantes e merecedores de uma delicada atenção. Deste modo, sendo inevitável Pretende-se com este projeto efetuar um estudo sobre o histórico de acontecimentos ocorridos no temporal *GONG*, em Janeiro do ano transato. Para isso, serão identificados devidamente os alarmes que poderão eventualmente dar origem a alarmes compostos. A criação desta plataforma permitirá também validar os resultados da implementação da funcionalidade de Tratamento Inteligente de Alarmes no SCADA.

“We will not be limited by information we have.

We will be limited by our ability to process this information.”

Peter Drucker

A presente dissertação foi desenvolvida em ambas as entidades envolvidas no projeto, já que o trabalho foi uma cooperação entre a Faculdade de Engenharia e a EDP. Contudo, o trabalho foi proposto mais concretamente pela Direção de Automação e Telecontrolo, a DAT, pertencente à EDP Distribuição e esta, por conseguinte, sendo parte integrante do grupo EDP. A DAT, por sua vez, constituída por uma equipa de sensivelmente cinquenta trabalhadores, sendo deste total, percentil noventa o número de profissionais qualificados, possui um orçamento anual a rondar os €20M. Detendo várias missões, a principal função é a definição e implementação das políticas de funcionamento, nomeadamente no que concerne ao planeamento e execução de sistemas de proteção, automação e telecontrolo da rede. Por fim, ainda se responsabilizando pela manutenção

dos referidos sistemas, é a DAT quem fornece o maior apoio e suporte aos centros de condução, relativos à rede MT, e despacho, respeitante à rede AT [2].

1.1 Objetivos

O tema da presente dissertação está inserido num projeto que visa a implementação a curto-médio prazo, no SCADA da EDIS, de um sistema inteligente de alarmes. Assim, o propósito maior do trabalho prende-se com o desenvolvimento de um protótipo de atenuação de alarmes SCADA e validar a sua credibilidade. Assim, ao longo do desenvolvimento do trabalho, pretende-se criar uma plataforma que, filtrando os eventos gerados durante o *GONG*, crie correlações entre alarmes, agrupando-os sob alçada de um alarme principal.

No entanto, de modo a atingir este fim, definiram-se inicialmente, de uma forma bem simplificada, os seguintes objetivos [3]:

- Caracterizar a situação atual da implementação da funcionalidade de Tratamento Inteligente de Alarmes no SCADA da EDP Distribuição;
- Criar uma metodologia de identificação de alarmes propícios à formação de alarmes compostos;
- Construir os alarmes compostos;
- Criar uma metodologia para identificar alarmes que são escondidos sob a forma de alarmes compostos;
- Analisar o impacto da ação de esconder alarmes e definir estratégias de o mitigar.

1.2 Estratégia

Com vista a obtenção de todos os objetivos apresentados em 1.1, definiram-se algumas estratégias. Inicialmente, definiu-se que estudar detalhadamente o tema *Smart Alarm Processing* a par da familiarização com o atual SCADA da EDP, o *GENESys*, era fundamental. Depois, numa fase posterior, deu-se prioridade à aquisição de competências no *Microsoft Access*, pois seria a partir desta ferramenta que o desenvolvimento iria incidir e, por sua vez, o resultado brotar. Já numa fase pós-desenvolvimento, tentou-se validar o modelo desenvolvido através da comparação com outros resultados e avaliar a credibilidade do modelo desenvolvido. Por fim, efetuar uma avaliação crítica e qualitativa daquilo que foi feito era prioridade, não esquecendo possíveis interesses de desenvolvimentos futuros.

1.3 Informação e Ferramentas Utilizadas

Para a construção do algoritmo desenvolvido utilizaram-se os eventos SCADA cedidos pela EDIS relativamente à tempestade *GONG*. No que concerne aos programas ou ferramentas utilizadas para a realização da dissertação, recorreram-se às três enumeradas de seguida:

- *Microsoft Access*;
- *Microsoft Office Excel*;
- *LaTeX*.

Os registos fornecidos foram extraídos da base de dados *Oracle* para *Access*, tendo sido cedidos neste formato. Assim, em primeiro lugar, decidiu-se continuar o trabalho nesta ferramenta, onde se implementou o algoritmo. Mais tarde, realizaram-se os gráficos de demonstração de resultados, tirando partido das potencialidades do MOE. Por fim, o documento escrito foi realizado com recurso ao editor de texto *LaTeX*, que se revelou uma boa e agradável surpresa, conferindo transparência e beleza ao documento.

1.4 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação encontra-se organizada em cinco capítulos.

No capítulo 1 foi feita uma introdução ao trabalho desenvolvido, descrevendo o tema e enquadrando-o com a realidade. Ainda aqui, foram apresentados os objetivos definidos que se pretendem atingir e a estrutura da dissertação, que está agora a ser objeto de leitura.

No capítulo 2 foi descrito o estado da arte e realizado um estudo profundo do *GENESys*, o SCADA da EDP, dando-se principal ênfase à estrutura de eventos e alarmes. Por fim, ainda foi apresentado o caso em estudo, a tempestade *GONG*.

No capítulo 3 foi desenvolvido o algoritmo do modelo a aplicar, foi criada a sua interface gráfica e ainda se realizou uma simulação, na tentativa de imitar a chegada de alarmes em tempo real, de modo a entender qual seria o comportamento do SCADA caso o modelo em questão tivesse sido implementado.

No capítulo 4 foi realizada a análise detalhada dos resultados obtidos. Além disso, ainda foi estudado o impacto da ação deliberada de ocultar alarmes, sob a forma de alarmes compostos, avaliando-o, com vista à validação do modelo criado.

Por último, no capítulo 5 foram apresentadas todas as ilações que se foram retirando ao longo da dissertação e, paralelamente a estas, foi efetuada uma análise crítica à satisfação dos objetivos, no capítulo 1 apresentados. Ainda neste capítulo, foram apresentadas algumas perspetivas e trabalhos futuros, pelo que se achou crucial a sua concretização.

Capítulo 2

Estado da Arte

Neste capítulo, além de se pretender assimilar alguns conceitos relativos ao funcionamento dos centros de condução e do SCADA da EDIS, deseja-se também caracterizar a situação atual do tratamento inteligente de alarmes no GENESys.

2.1 Introdução

A EDP Distribuição, ou EDIS, empresa pertencente ao grupo EDP, enquanto DSO, *Distribution System Operator*, é responsável pelo controlo e gestão de uma rede que engloba três dos quatro níveis de tensão existentes: BT, MT e AT. Por seu turno, cabe à REN, enquanto *Transmission System Operator*, TSO, encarregar-se de operar a MAT.

Relativamente, aos níveis MT e AT, o controlo da rede é realizado através do sistema SCADA. Este controlo é fundamental e justifica-se porque as redes com maior nível de tensão, detendo um menor número de nós, tornam-se as mais importantes, uma vez que uma qualquer falha afetará sempre um maior número de clientes. Em contrapartida, em redes cujo o número de nós é mais vasto, de que são exemplo as redes BT, a quantidade de informação disponível torna-se também maior, pelo que o seu controlo é quase utópico. Todavia, e de encontro ao que já foi referido, a preocupação não gira à volta do controlo em BT mas sim do controlo ao nível de MT e AT, onde os estragados causados por avarias têm um impacto incomparavelmente maior no fornecimento de energia. É o não fornecimento de energia que se pretende combater. Observe-se a figura 2.1, que pretende caracterizar a relação entre a quantidade de informação gerada e a respetiva topologia de tensão associada.

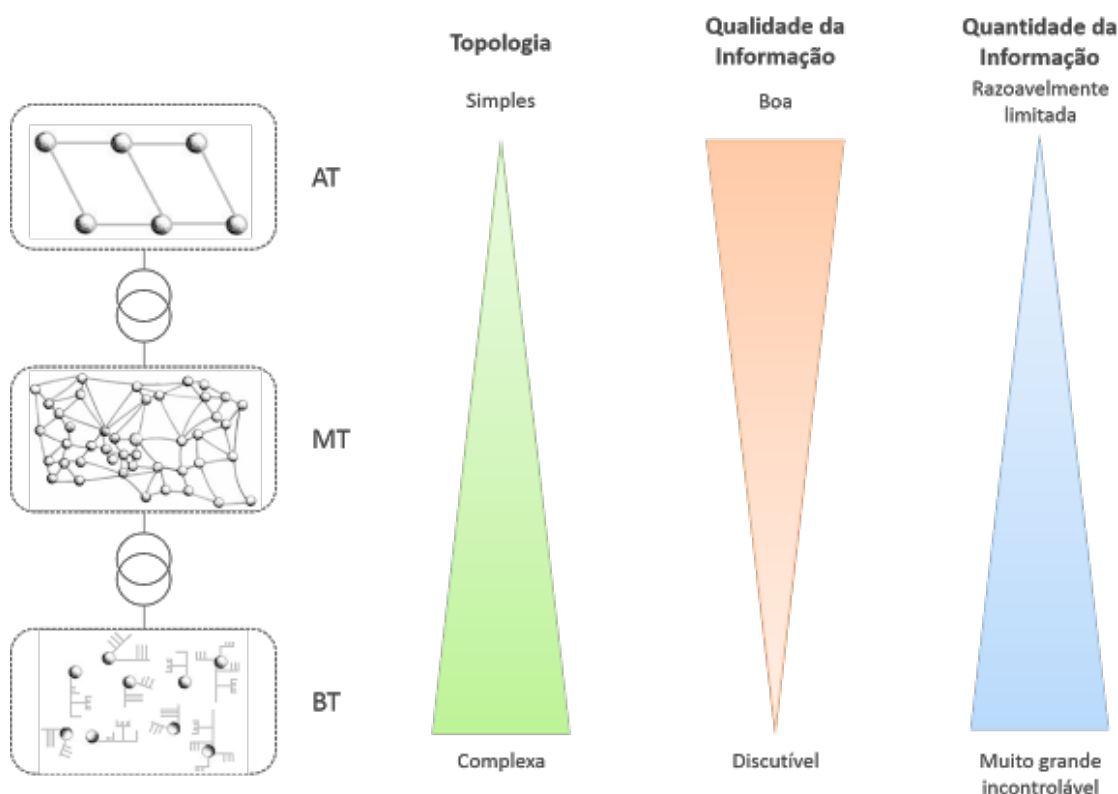


Figura 2.1: Caracterização da informação dos três níveis de tensão da rede da EDIS. Adaptado de [4]

2.2 Centros de Condução e Controlo em Sistemas Elétricos de Energia

Até há algum tempo atrás qualquer Sistema Elétrico de Energia detinha permanentemente, em todas as suas instalações físicas, operários a verificar o bom estado de todos os aparelhos constituintes da instalação, de modo a corrigir qualquer defeito que eventualmente pudesse surgir. Todavia, com o inerente avanço da tecnologia, nomeadamente no campo das telecomunicações permitiram alterar esta situação. Assim, nos dias que correm, o controlo destas unidades remotas espalhadas pela rede, que outrora eram comandadas localmente, são hoje manipuladas à distância. Deste modo, nos atuais SEE as decisões e ações de controlo e operação são concentradas em instalações especialmente vocacionadas para o efeito, designadas por Centros de Controlo e Condução [5].

Hoje-em-dia, a *performance* dos atuais SEE está altamente dependente do desempenho dos Centros de Controlo e Condução, assumindo dessa forma uma importância ímpar na qualidade de serviço prestada. Assim, cada CCC terá que ser dotado de sistemas potentes capazes de, em tempo real, adquirir e enviar informação fiável sobre o estado dos diversos componentes das redes

eléctricas. Estes centros recebem informação em tempo real sobre o SEE via SCADA. Não menos importante é o facto dos operadores destes centros poderem enviar ordens, também em tempo real e através de telecomando, para qualquer equipamento da rede conseguindo assim monitorizar e controlar o SEE à distância. No entanto, para corresponder à complexidade das tarefas realizadas nos CCCs, é inevitável um apoio computacional bastante robusto, exigindo meios avultados, quer em termos de equipamento, quer em termos de *software* [5].

2.2.1 Centros de Condução e Despacho na EDP Distribuição

No que respeita aos Centros de Condução e Despacho da EDIS, os primeiros relativos à média tensão, e os segundos à alta tensão, têm como missão:

- Análise detalhada da rede e determinação da sua configuração óptima;
- Acompanhamento e gestão dos fluxos de energia na rede;
- Coordenação das intervenções e reparações;
- Operação dos sistemas SCADA;
- Gestão de avarias para controlo da rede em tempo real;
- Análise de incidentes e do comportamento dos sistemas de protecção e de automação.

Por outro lado, no que concerne ao papel do operador, este, perante um novo alarme, deve [6]:

1. Estar ciente da sua chegada;
2. Determinar o evento que causou o alarme;
3. Analisar a consequência do evento;
4. Estudar a sequência de eventos que conduziram ao alarme;
5. Encontrar um plano de ação.

No contexto atual, a monitorização é realizada dividindo os níveis de tensão referidos pelas regiões Norte e Sul, havendo hoje, para o efeito, dois centros de condução. Um no Porto outro em Lisboa. Contudo, antes da informação ser monitorizada nos centros de condução, terá que percorrer um determinado trajeto. Assim, com o objetivo de levar a informação aos centros de condução, existem localmente as unidades remotas, que recebendo a informação sobre o estado dos equipamentos, enviam através de um *frontend*, equipamento que descodifica o protocolo de comunicações e gere as comunicações entre as unidades remotas locais e o centro de condução, a mesma informação ao sistema SCADA em serviço. No caso da EDP, o GENESys. Neste sistema, a informação recebida é processada, sendo atualizado o sinóptico da respetiva instalação e, caso a ocorrência origine alarme, é primeiro armazenada na lista de eventos e posteriormente enviado para o operador [4].

Desta forma, perante a ocorrência de qualquer evento, de que são exemplos aberturas de disjuntores, atuar de proteções, falha de comunicações, e tantos outros [7], que percorre o trajeto descrito no parágrafo anterior, a sua informação é sempre enviada para uma lista de eventos, que, por sua vez, caso esteja definido para originar alarme, também é enviada para o operador, constando agora na Lista de Alarmes. Contudo, note-se, que mesmo não gerando alarme, todos os eventos podem eventualmente ter interesse para posteriores estudos do sistema, pelo que devem ficar guardados na lista mencionada [4].

No que concerne à topologia de eventos, atente-se agora na figura 2.2.

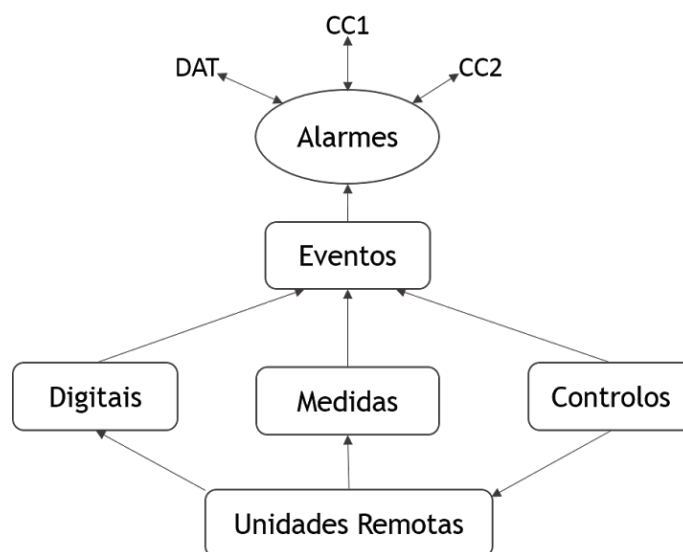


Figura 2.2: Esquema da interligação Dados – Centro de Condução. Adaptado de [4]

Como se pode observar na figura 2.2, estão definidos três tipos de eventos distintos:

1. Controlos – Os eventos de controlo são as ordens ou comandos que os operadores da rede enviam aos equipamentos;
2. Digitais – Os eventos digitais são os que estão relacionados com o estado dos diversos equipamentos do sistema, isto é, quando existe a mudança de estado de uma dada entidade;
3. Medidas – Os eventos de medidas são aqueles que ocorrem quando são ultrapassados os limites técnicos previamente estabelecidos, tanto inferior como superiormente.

2.2.2 Identificação de Problemas em Centros de Condução e Controlo

Têm sido identificadas, ao longo do tempo, questões relativas ao funcionamento dos CC, que se enquadram no âmbito dos problemas mais graves ao nível da exploração dos SEE. Assim, por forma a avaliar a opinião e satisfação dos operadores de rede, o grupo de trabalho *Current Operational Problems* do sub-comité *System Operation* do IEEE conduziu diversos estudos neste

contexto e realizou um inquérito, onde os resultados se encontram apresentados na tabela 2.1, a empresas de eletricidade de todas as regiões dos Estados Unidos da América e do Canadá [5].

Tabela 2.1: Inquérito produzido pelo grupo de trabalho *Current Operational Problems* do sub-comité *System Operation* do IEEE. Adaptado de [5]

Pergunta	Número de respostas afirmativas	%
Os operadores estão satisfeitos com o processamento de alarmes durante situações normais da rede?	65	74,70%
Os operadores estão satisfeitos com o processamento de alarmes durante situações de emergência da rede?	21	24,10%
Os operadores acham que alguns alarmes em vez de ajudarem causam problemas?	66	75,90%

Como pode ser verificado existe uma necessidade urgente de mudança no paradigma atual de um centro de condução.

Além deste inquérito, outros estudos foram efetuados pela mesma entidade que referiu três tipos de problemas independentes nos CC [5]:

- Com os profissionais envolvidos;
 - Simuladores para treino de operadores dos CC;
 - Avaliação dos programas de treino de operadores dos CC;
 - Desempenho dos operadores.
- Com os sistemas computacionais.
 - Alarmes em situações de exploração normal e de incidente [7].
 - * Alarmes que não estão devidamente especificados;
 - * Alarmes que estão muito especificados;
 - * Demasiados alarmes durante períodos de distúrbio na rede;
 - * Falsos alarmes;
 - * Multiplicidade de alarmes relacionados com o mesmo evento;
 - * Alarmes mudam muito rapidamente de local no ecrã, causando instabilidade na sua leitura;
 - * Alarmes com prioridades erradas;
 - * Alarmes que permanecem no ecrã mesmo depois de serem aceites.

Percebeu-se também, através de outro estudo, que as aplicações existentes não apresentavam uma lista de alarmes adequada aos operadores dos CC, especialmente em situações de incidente. Daí o processamento da informação ser identificado como uma questão fundamental para o seu desempenho eficiente dos CC. Assim, a adequação das interfaces com o utilizador e as aplicações de apoio ao treino de operadores são aspetos complementares muito relevantes para um ótimo funcionamento destes centros [5].

Todavia, mesmo com a evolução verificada nos equipamentos informáticos, permitindo processar cada vez mais rápido a informação disponível, os problemas relativos ao tratamento da informação presente nos CC persistiam, continuando a influenciar negativamente o desempenho dos SEE atuais, nomeadamente em situações de incidente, como já havia sido referido. Trata-se de um volume crescente de informação com origens diversas, sendo as limitações dos operadores raramente consideradas, existindo um fosso entre as aplicações computacionais e os seus utilizadores.

Notou-se ainda, pela mesma entidade, que os meios de apoio aos operadores têm melhorado substancialmente, porém as suas tarefas continuam a ser altamente exigentes. Pois, não há um compromisso entre o volume de informação chegada e os meios usados pelo operador para o combater, descaindo o rácio sempre para o lado mais negativo. O não acompanhamento destas duas variáveis, reflete-se diretamente no desempenho dos operadores que, sendo a peça fulcral na exploração dos SEE, além de deterem a seu cargo tarefas muito diversas e complexas, algumas delas rotineiras mas uma grande parte envolvendo decisões complicadas, têm uma importância fundamental para a continuidade e qualidade de serviço.

2.3 GENESys

O sistema GENESys, como já foi referido em 2.1, é o SCADA da EDIS. É um sistema aberto, modular e distribuído que permite controlar um sistema elétrico de energia. Neste sistema, o operador tem à sua disposição uma interface gráfica integrada e com potentes mecanismos de navegação entre aplicações e gestão de diagramas. O sistema disponibiliza ainda funções de DMS e de SCADA tendo por base um sistema de gestão de TAGs, *traces* e simbologias [8].

A arquitetura do GENESys está ilustrada na figura 2.3.

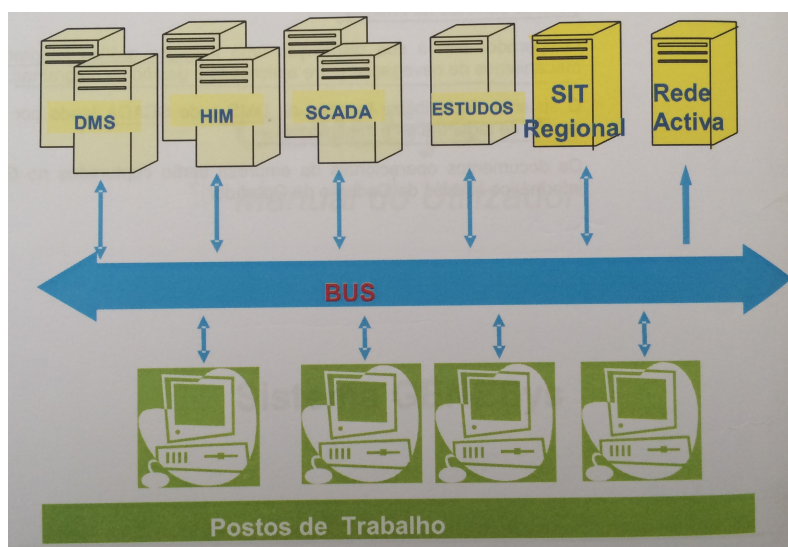


Figura 2.3: Arquitetura do GENESys [8]

O GENESys é constituído por servidores e postos de trabalho. Tipicamente, um servidor disponibiliza serviços computacionais que são utilizados pelas aplicações dos postos de trabalho ou pelas aplicações de outros servidores. Já um posto de trabalho, é composto por uma unidade de processamento, um teclado, um rato, três ecrãs e uma impressora [8].

A tabela 2.2 apresenta quais os servidores do sistema e faz uma breve descrição de cada um.

Tabela 2.2: Constituição do sistema. Adaptado de [8]

Servidor	Função
DMS	Servidor das funções DMS do sistema de cada posto de trabalho. Servidor duplicado.
HIM	Servidor das funções de arquivo e de previsão. Servidor duplicado.
SCADA	Servidor das funções de SCADA do sistema – SCATEX. Servidor duplicado.
Estudos	Servidor das funções de estudo de cada posto de trabalho.
SIT Regional	Servidor da Base de Dados SIT local ao GENESys
Rede Ativa	Servidor que recebe telemetria do sistema GENESys para processamento de incidentes.
Posto de Trabalho	Posto de trabalho do Operador – permite interagir com o sistema. Pode estar conectado a dois sistemas em simultâneo.

2.3.1 Alarmes

O processamento e visualização dos alarmes, por parte do utilizador, é realizado através dos dois elementos que compõem a interface visual do componente que trata este tipo de informação [9]:

- Sumário de Alarmes 2.3.1.1;
- Lista de Alarmes 2.3.1.2.

2.3.1.1 Sumário de Alarmes

O sumário de alarmes confere ao utilizador uma visão geral dos alarmes existentes no sistema, do ponto de vista das entidades *nível de hierarquia 0*. Isto é, neste ponto a informação é automaticamente filtrada pelas instalações. Veja-se a figura 2.4.

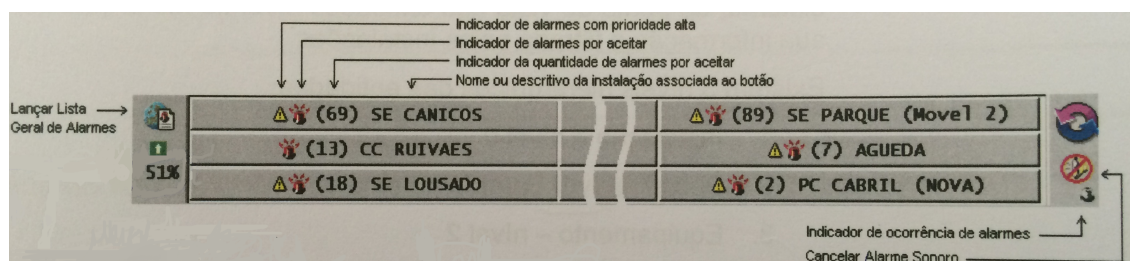


Figura 2.4: Sumário de Alarmes [9]

Como é visível pela figura 2.4, a informação é apresentada através de uma matriz de botões que discrimina, da esquerda para a direita e de cima para baixo, quais as instalações que apresentam alarmes, cumprindo a sua ordenação os seguintes critérios:

1. Instalações com alarmes por aceitar, ver 2.3.1.2 e tabela 2.4;
2. Ordem de chegada dos alarmes, isto é os mais recentes em primeiro lugar;
3. Instalações com alarmes de prioridade mais alta por aceitar, ver 2.3.1.2.

2.3.1.2 Lista de Alarmes

Na lista de alarmes, o utilizador pode visualizar e processar os alarmes através de uma interface tabular, como ilustra a figura 2.5.

Tempo Recepção	Qua	Pri	Nível 0	Nível 1	Descritivo
2010-01-05 12:52:54.000		127	SE CANICOS	55MCAMPO	DISJUNT. ABERTO
2010-01-05 12:51:37.000		20	SE CANICOS	55MCAMPO	INTENS. 520.00 A
2010-01-05 12:50:41.000		105	SE CANICOS	5AREIAS	INTENS. 989.00 A
2010-01-05 12:39:25.000		20	SE CANICOS	55.P.OXI	INTENS. 503.00 A
2010-01-05 12:38:28.000		105	SE CANICOS	5AREIAS	P.ACTIVA 502.00 MW
2010-01-05 12:37:30.000	IMP	105	SE CANICOS	55.P.OXI	P.ACTIVA 151.00 MW
2010-01-05 12:35:13.000		127	SE CANICOS	2PEVID.2	DISJUNT. ABERTO
2010-01-05 12:31:56.000		127	SE CANICOS	5AREIAS	DISJUNT. ABERTO
2010-01-05 12:15:13.278	NDT	85	SE CANICOS	2COND.1	ENC.LIG. ACTUADO
2010-01-05 12:15:13.278	NDT	85	SE CANICOS	2COND.2	ENC.LIG. ACTUADO
2010-01-05 12:02:58.664	NDT	90	SE CANICOS	25MCAMPO	TENSAO PRESENTE
2010-01-05 12:02:57.664	NDT	90	SE CANICOS	2VILA DAS AVES	TENSAO PRESENTE
2010-01-05 12:02:57.664	NDT	90	SE CANICOS	2FRADES	TENSAO PRESENTE
2010-01-05 12:02:57.664	NDT	90	SE CANICOS	2MOURIZ.	TENSAO PRESENTE
2010-01-05 12:02:57.664	NDT	90	SE CANICOS	2PEVID.2	TENSAO PRESENTE

Figura 2.5: Lista de Alarmes. Adaptado de citepla

Aqui, ao contrário do que acontece na figura 2.4, tem-se uma visão mais granular dos alarmes, visualizando para cada um deles os seus devidos detalhes.

Como pode ser observado cada alarme detém várias entidades. Sendo que cada entidade pode ser dividida por diversos campos. Porém, de uma maneira geral, existem três níveis hierárquicos das entidades:

1. Instalação — nível 0;
2. Painel — nível 1;
3. Equipamento — nível 2.

Os alarmes, por sua vez, detêm dois níveis de prioridade distintos:

1. Alarmes não urgentes ou de prioridade baixa — alarmes configurados com índice de prioridade baixa (Por ex. 0 a 109);
2. Alarmes urgentes ou de prioridade alta — alarmes configurados com índice de prioridade alta (Por ex. 110 a 127).

E seis níveis de estado, ver tabela 2.4:

1. Não Urgente, Ativo, Não Aceite;
2. Não Urgente, Não Ativo, Não Aceite;
3. Não Urgente, Ativo, Aceite;
4. Urgente, Ativo, Não Aceite;
5. Urgente, Não Ativo, Não Aceite;
6. Urgente, Ativo, Aceite.

De realçar que, quando o volume de alarmes atinge setenta e cinco% do volume máximo admitido, o posto de trabalho aciona um aviso de alerta máximo, que é feito através de um sinal sonoro *bip*. Todavia, na iminência de um alarme deste género, configurado no servidor SCADA através da prioridade, o sinal sonoro poderá assumir dois tipos de funcionamento [9]:

1. Do tipo **wdog**, em que toca uma buzina física no espaço;
2. Ou do tipo **multimédia**, em que toca uma buzina no posto de trabalho.

Repare-se agora na tabela 2.3 e faça-se a analogia com os três níveis hierárquicos das entidades, enumerados em 2.3.1.2, onde se pretende descrever os campos que constituem um alarme.

Tabela 2.3: Informação da Lista de Alarmes. Adaptado de [9]

Campo	Descrição
Tempo de receção do alarme (1ª coluna)	Altura em que o alarme ocorreu. Dia e hora.
Qualificação do alarme (2ª coluna)	Corresponde ao atributo de qualificação do alarme. Ver listagem dos tipos de qualificação na tabela 2.9.
Prioridade (3ª coluna)	Valor da prioridade do alarme, que vai de 0 a 127.
Nível de hierarquia 0 (4ª coluna)	Descrição da entidade de nível de hierarquia 0 a que se refere o alarme.
Nível de hierarquia 1 (5ª coluna)	Descrição da entidade de nível de hierarquia 1 a que se refere o alarme.
Descrição do alarme (6ª coluna)	Descrição textual da ocorrência a que se refere o alarme e o descritivo do equipamento (nível de hierarquia 3)

Visualmente, o estado do alarme é indicado através da combinação de cores de fundo e de texto. Assim, os alarmes podem surgir na figura 2.5 contendo os estados e cores presentes na tabela 2.4.

Tabela 2.4: Cores das linhas da Lista de Alarmes. Adaptado de [9]

Estado	Cor	Representação
Não Urgente, Ativo, Não Aceite	Fundo Cinzento, Texto a Vermelho	Não Urgente, Ativo, Não Aceite
Não Urgente, Não Ativo, Não Aceite	Fundo Cinzento, Texto a Verde	Não Urgente, Não Ativo, Não Aceite
Não Urgente, Ativo, Aceite	Fundo Cinzento, Texto a Preto	Não Urgente, Ativo, Aceite
Urgente, Ativo, Não Aceite	Fundo Vermelho, Texto a Preto	Urgente, Ativo, Não Aceite
Urgente, Não Ativo, Não Aceite	Fundo Verde, Texto a Preto	Urgente, Não Ativo, Não Aceite
Urgente, Ativo, Aceite	Fundo Branco, Texto a Preto	Urgente, Ativo, Aceite

Por último, os alarmes são também qualificados quanto ao seu tipo, conforme o apresentado na tabela 2.5.

Tabela 2.5: Tipos de qualificação do alarme. Adaptado de [9]

Sigla	Descrição
IMP	Alarme gerado por imposição de valor
NDT	Datada no destino
NCG	Não datado (controlo geral)
CG	Controlo geral
NSY	Não sincronizado
NCO	Fora de cronologia
INV	Datação inválida
EXP	Reativação de alarme na sequência de cancelamento da inibição de alarme

2.3.1.3 Estrutura dos Alarmes

Apesar da análise geral efetuada sobre os alarmes, em 2.3.1.2, realizou-se também um estudo profundo sobre três dos campos mais importantes de um evento. Os restantes campos, merecedores também de tal estudo, serão apenas explicados devidamente aquando do desenvolvimento do algoritmo, capítulo 3. Note-se que o estudo efetuado em 2.3.1.2, apenas se debruçou sobre os campos que realmente são apresentados ao operador, porém um alarme detém muitos outros, todavia desinteressantes para o mesmo e interessantes para estudos pormenorizados, como é o caso.

Assim, em primeiro lugar estudou-se o campo TAG, que detém uma estrutura semelhante à apresentada na tabela 2.6.

Tabela 2.6: Estrutura do TAG. Adaptado de [10]

AG TI S S S S N P P P P O O A A A

Este campo codifica, em siglas parciais aglomeradas, a descrição do evento. Por outras palavras, é um código, expresso através de um conjunto de caracteres, em que cada um ou uma porção deles define uma característica desse evento. Veja-se a tabela 2.7.

Tabela 2.7: Composição do TAG. Adaptado de [10]

ID	Descrição	Posição	Número de caracteres
AG	Área Geográfica	1	1
TI	Tipo de Instalação	2	1
S	Sigla	3	4
N	Nível de Tensão	7	1
P	Painel	8	4
O	Objeto	12	2
A	Atributo	14	3

Observando a tabela 2.7, um TAG detém sete elementos característicos:

1. Área Geográfica — TAG relativa à cidade portuguesa, ou distrito, onde ocorreu o evento 2.8;
2. Tipo de Instalação — TAG relativa ao tipo de instalação onde ocorreu o evento 2.9;
3. Sigla — TAG relativa ao concelho do distrito onde ocorreu o evento;
4. Nível de Tensão — TAG relativa ao nível de tensão onde ocorreu o evento 2.10;
5. Painel — TAG relativa ao painel da subestação onde ocorreu o evento;
6. Objeto — TAG relativa ao equipamento onde ocorreu o evento;
7. Atributo — TAG relativa ao estado do equipamento onde ocorreu o evento.

Por outro lado, se se reparar no número de caracteres de cada elemento característico, apresentado em 2.3.1.3, conclui-se que cada TAG terá um tamanho igual a dezasseis caracteres, valor obtido através da soma das células da quarta coluna, *Número de caracteres*. Assim, ao utilizar este campo, codifica-se em dezasseis caracteres, a informação daquilo que poderiam ser sete campos.

A área geográfica, ou distrito, onde ocorreu o evento é descrita por um TAG constituído por uma letra. Repare-se na tabela 2.8.

Tabela 2.8: TAG relativa à zona geográfica, ou distrito, onde ocorreu o alarme. Adaptado de [10]

<i>ID</i>	<i>Área Geográfica</i>	<i>TAG</i>
1	Aveiro	A
2	Beja	B
3	Braga	C
4	Bragança	D
5	Castelo Branco	E
6	Coimbra	F
7	Évora	G
8	Faro	H
9	Guarda	I
10	Leiria	J
11	Lisboa	L
12	Portalegre	M
13	Porto	N
14	Santarém	O
15	Setúbal	P
16	Viana do Castelo	Q
17	Vila Real	R
18	Viseu	S

A par do anterior, o tipo de instalação onde ocorreu o evento é descrito também apenas por uma letra. Veja-se a tabela 2.9.

Tabela 2.9: TAG relativa ao tipo de instalação onde ocorreu o alarme. Adaptado de [10]

Tipo de Instalação	TAG
Subestação	S
Subestação Cliente	K
Saída de Subestação	Z
Subestação REN	I
Linhas	L
Posto de Seccionamento/Corte	P
Transformador	T
Posto de Transformação de Distribuição	D
Posto de Transformação Cliente	C
Circuito de BT	B
Armário de Rede BT	A
Posto de Comando	E
Centro de Condução	F
OCR	O
Estação Repetidora	R
Outro	X

Por sua vez, o nível de tensão a que ocorreu o alarme é descrito por um número ordinal, variando de zero a nove, consoante o nível de tensão. Atente-se na tabela 2.10.

Tabela 2.10: TAG relativa ao nível de tensão do equipamento que gerou alarme. Adaptado de [10]

Nível de Tensão	TAG
6kV	0
10kV	1
15kV	2
30kV	3
40kV	4
60kV	5
130kV	6
150kV	7
220kV	8
BT	9

De realçar que as características *Sigla*, *Painel*, *Objeto* e *Atributo* não foram alvo de uma tabela com as suas possíveis TAGs. Isto aconteceu, como era natural, devido à quantidade e variedade de valores que estas características poderiam assumir.

Por outro lado, e não menos importante, são os campos *LOGTYPE* e *STYPE* onde ambos pretendem classificar os eventos. Assim, enquanto o *LOGTYPE* varia de um a sete, em que:

Tabela 2.11: Descrição do campo *LOGTYPE*. Adaptado de [11]

Número	Descrição
1	Evento não origina alarme
2	Controlos
3	Eventos de operadores
4	Eventos do sistema
6	Evento origina alarme
7	Falhas de controlos

O campo *STYPE* varia entre os valores 0, 5 e 6, em que:

Tabela 2.12: Descrição do campo *STYPE*. Adaptado de [11]

Número	Descrição
0	Evento de sistema
5	Digitais
6	Medidas

2.4 Tratamento Inteligente de Alarmes

O Tratamento Inteligente de Alarmes, é uma ferramenta que ajuda na tomada de decisão dos operadores, nomeadamente na monitorização em tempo real de Sistemas Elétricos de Energia. A sua principal função é eliminar ou esconder ao operador alarmes que sejam considerados secundários ou desnecessários, fazendo sobressair os mais importantes [1, 12, 13].

Através de outra fonte, o tratamento inteligente de alarmes pode ser uma funcionalidade a integrar na interface *humano – máquina*, que deverá efetuar em tempo real o processamento das informações provenientes das unidades remotas, realizando o seu tratamento e correlação, por forma a identificar padrões de acontecimentos. Como resultado, deverá ser apresentado ao operador do sistema a informação relativa a cada acontecimento [14].

2.4.1 Requisitos

Segundo a referência [6], os requisitos necessários para melhorar o processamento de alarmes e, por essa via, torná-lo mais inteligente são:

1. Os sistemas SCADA devem apresentar informação tratada ao operador, e não quantidades de registos isentos de uma análise prévia;
2. O tratamento dos dados deve ser realizado de forma a melhorar e facilitar a tomada de decisão por parte do operador, transmitindo-lhe uma ideia mais clara do que está a acontecer;
3. As prioridades dos alarmes deve mudar dinamicamente quando as condições do sistema também se alteram.

Por outro lado, segundo a referência [15], ferramentas analíticas em tempo real e funcionalidades de alerta situacional são os requisitos fundamentais que a próxima geração SCADA deve deter, principalmente para operar sem qualquer problema numa eventual situação de anormalidade. Desta forma, deve cumprir na íntegra os seguintes condições:

- Entender o comportamento da rede:
 - Identificando padrões de comportamento da rede;
 - Identificando correlações entre eventos;
 - Identificando a fonte das situações de defeito;
- Aumentar a eficiência da gestão da rede:
 - Aumentando a habilidade de antecipar eventos importantes;
 - Identificando probabilidades de incidentes;
 - Aumentando a pro-atividade da equipa na prevenção de incidentes e gestão da rede.
- Diminuir o tempo de intervenção dos humanos na gestão da rede:
 - Definindo regras e alertas;
 - Implementando interação entre sistemas com vista à tomada de decisões.

2.4.2 Inteligência Artificial

Como é sabido, as aplicações informáticas tradicionais não permitem um apoio à decisão adequado, especialmente no caso de ocorrência de incidentes. Assim, perante tais situações de emergência, os operadores têm que tomar decisões de índole essencialmente qualitativa, para as quais a sua experiência é extraordinariamente importante, sendo a natureza do raciocínio envolvido no desempenho destas tarefas de vários tipos [5]:

- Dedutivo – Quando se faz uso das práticas e filosofias de operação previamente estabelecidas. Do geral para o particular;
- Indutivo – Quando se faz uso da experiência para tomar decisões, baseadas na antecipação das suas consequências. Do particular para o geral;
- Intuitivo – Quando se toma rapidamente decisões eficientes em situações inesperadas, para as quais não há planos nem soluções previamente estabelecidos;
- Combinações dos anteriores.

O raciocínio intuitivo, permitindo uma análise rápida de situações complexas, mesmo sem consciência do processo de raciocínio completo, é o tipo de raciocínio no qual as aplicações informáticas são mais limitadas [5]. Contudo, as aplicações baseadas em IA são as que melhor abordam as questões relativas à intuição, aprendendo com o tempo e adaptando-se às circunstâncias.

Assim, a capacidade de desenvolver raciocínio, nomeadamente intuitivo, está muito próxima daquilo que geralmente se considera específico da inteligência humana, sendo por esse motivo as técnicas baseadas em IA muito usadas no apoio às decisões dos operadores, sobretudo em momentos de distúrbio na rede.

As técnicas de IA mais utilizadas são as seguintes:

- Sistemas Baseados em Conhecimento;
- Redes Neurais;
- Lógica Difusa;
- Algoritmos Genéticos;
- Sistemas Multi-Agente;

O processamento de alarmes é um dos campos mais relevantes da aplicação de IA nos CC, nomeadamente no que concerne a ações de recuperação da reposição de serviço após a ocorrência de incidentes, ora em redes de distribuição, ora em redes de transmissão.

Um exemplo prático da aplicação de SBC em Sistemas Elétricos de Energia é o SPARSE, da REN.

O SPARSE é um Sistema Baseado em Conhecimento desenvolvido para o Centro de Despacho da Rede de Transporte Portuguesa, operada pela REN, por forma a apoiar os respetivos operadores em situações de incidente.

Este sistema baseia-se em quatro pilares [5, 16, 17]:

- Aquisição de informação da rede elétrica;
- Transmissão da informação para os Centros de Condução;
- Apresentação da informação aos operadores;
- Decisão e atuação.

E detém os seguintes objetivos [5, 16, 17]:

- Tratamento da informação em tempo real;
- Assistência aos operadores;
- Apoio à decisão;
- Treino de operadores.

Para terminar, a aplicação de técnicas de IA tem ainda relevância para muitas outras áreas ligadas ao SEE, como para:

- Estudos de segurança;
- Previsão de cargas;
- Controlo de energia reativa;
- Problemas de planeamento e escalonamento.
 - Otimização da configuração da rede;
 - Planeamento das ações de manutenção;
 - Escalonamento de grupos geradores.

2.4.3 TIA na EDP Distribuição

A EDP Distribuição, enquanto DSO, com mais de 6 milhões de clientes, mais de 400 subestações AT/MT, 60 mil transformadores (MT/BT), 80 mil km de rede (AT/MT) e 140 mil quilómetros de rede BT, detém um sistema SCADA com mais de 500 mil pontos de controlo a supervisionar e monitorizar a rede de distribuição de energia. Assim, quando algum defeito ocorre na rede, alguns alarmes serão gerados pelo sistema SCADA. Por exemplo, um simples defeito numa linha MT gera 24 alarmes num curtíssimo espaço de tempo. Porém, se se transladar para um cenário anormal, tipicamente provocado por condições atmosféricas adversas, os operadores de rede podem chegar a receber uma quantidade de alarmes tal, que se torna utópico o seu tratamento, chegando por vezes a atingir mais de 300 alarmes por minuto, 200 mil por dia ou um 1,6 milhões por mês. Atente-se na figura 2.6 onde se apresenta a evolução dos alarmes SCADA, por dia, entre 2007 e 2012 [18].

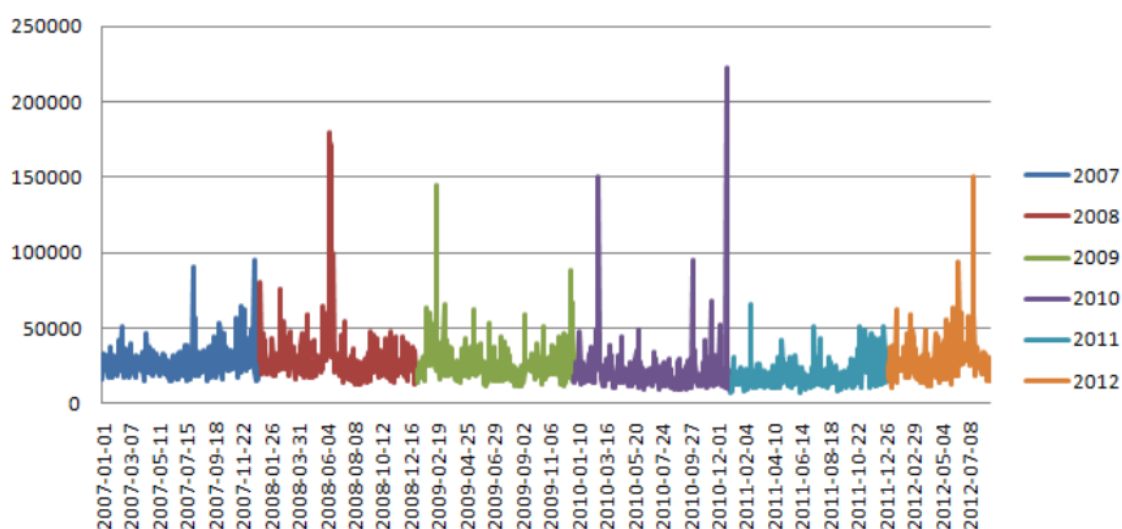


Figura 2.6: Evolução dos Alarmes SCADA, por dia, entre 2007 e 2012, gerados pela EDIS. [18]

Curioso será dizer que este número de alarmes diminuiu entre 2008 e 2010, apesar da automação estar, a cada ano que passa, mais presente na rede elétrica. Porém, a razão prendeu-se com

o facto de se terem ligado parâmetros de alarmes nalguns pontos do SCADA. Todavia, a partir de 2011, este número voltou a crescer muito devido à crescente implementação de disjuntores monitorizados na rede e como tal, aquando de uma situação anormal de emergência, como uma tempestade, o número de alarmes atinge valores que não podem ser adequadamente tratados pelos operadores [18]. Repare-se agora na figura 2.7, onde se apresenta a evolução dos alarmes SCADA, por mês, entre 2007 e 2012 [18].

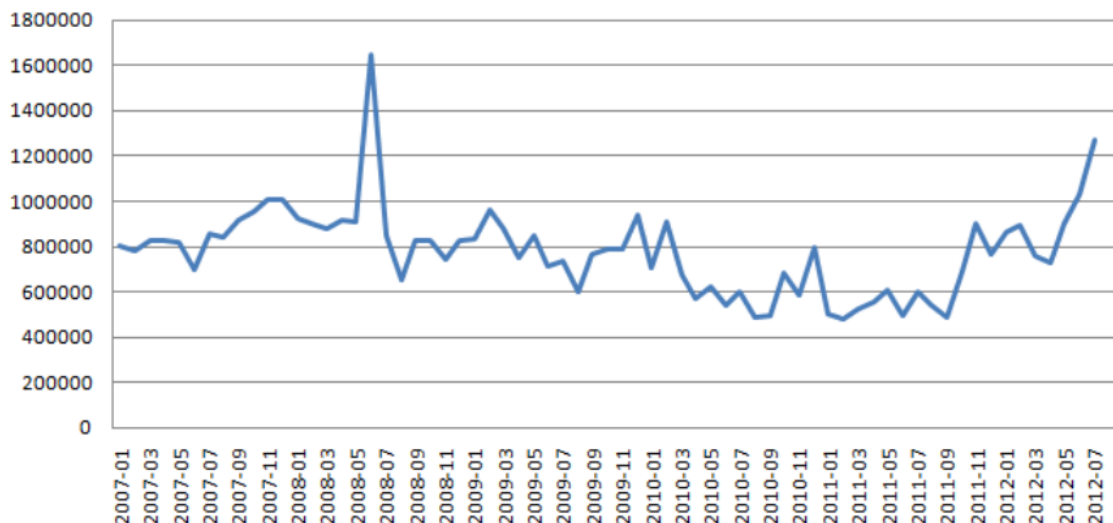


Figura 2.7: Evolução dos Alarmes SCADA, por mês, entre 2007 e 2012, gerados pela EDIS. [18]

Concluiu-se então, olhando para as limitações do ser humano [19], que algo tinha que ser desenvolvido de modo a auxiliar os operadores no processamento de grandes quantidades de informação. Contudo, a informação apresentada nas salas de controlo tinha que ser a mesma, pelo que se pensou em apresentar a mesma apenas de maneira diferente, com o intuito de apenas reduzir o número de alarmes sem que estes influenciassem de maneira alguma o dia-a-dia do operador e da rede. Foi então que, desde 2006, o departamento de análise de rede da EDP Distribuição tendo vindo a estudar, de forma sistemática, a origem de interrupções de energia na rede através de uma análise cuidada da base de dados do SCADA, desenvolvendo para isso um algoritmo, corrido paralelamente ao SCADA, isto é de modo *offline*, usado maioritariamente com o fim de produzir relatórios da performance dos sistemas de proteção [18].

Porém, há relativamente pouco tempo, a EDP, em parceria com a FEEDZAI e EFACEC, decidiu avançar, devido à necessidade de evoluir o sistema de supervisão de eventos, para um projeto piloto de tratamento inteligente de alarmes, pretendendo-se dessa forma a sua inclusão, a médio-longo prazo, no sistema de aquisição e monitorização de dados já existentes, o GENESys. Este projeto não é nada mais que uma evolução natural do sistema SCADA, pelo que se torna estritamente necessária, uma vez que a quantidade de informação recebida nos centros de despacho é cada vez maior, muito devido ao facto da rede de distribuição de energia estar cada vez mais apoiada em aparelhos de controlo, originando portanto, a cada passo, mais uma série de alarmes

nos CC. Deste modo, o principal objetivo deste projeto piloto é a gestão inteligente, e em tempo real, dos alarmes que o SCADA recebe provenientes da rede de distribuição de energia da EDP, nomeadamente das demais unidades remotas espalhadas. Numa fase posterior, essa informação, outrora recolhida, será tratada e correlacionada, de modo a identificar padrões de acontecimentos na rede, formando assim alarmes compostos. Como resultado, o operador de rede verá agora no sistema GENESys a informação relativa a cada alarme composto, evitando a apresentação de eventos isentos de tratamento ou correlação e, por essa via, reduzindo significativamente a informação presente [14, 18].

Todavia, numa primeira fase do piloto, pretendeu-se identificar apenas padrões relacionados com ocorrências de disparo de disjuntores, salientando-se o facto da sua construção ter como alicerce um algoritmo já existente e desenvolvido pela EDP Distribuição, particularmente pelo Eng^o Pedro Dias [20]. No que concerne às funcionalidades de alto nível, este piloto é capaz de processar os alarmes digitais do sistema SCADA, de proteção e religação, realizando assim, numa primeira instância, a normalização dos alarmes recebidos, mais tarde classificando-os e por fim agregando-os e efetuando a sua contagem. Permite também, além da sua capacidade de processamento, a visualização em tempo real e de modo interativo. Detém ainda um *dashboard web* que permite a visualização dos alarmes agregados assim como a sua exploração *drill-down*, desde um nível *macro* até aos eventos correspondentes que o constituem. Possui também a capacidade de exportação para MOE dos resultados com o intuito de comparar com a solução *offline* atualmente existente, assim como a sua posterior análise. É ainda de referir que o projeto foi visto como um mero protótipo, pelo que foi considerado limitado em termos de funcionalidade e implementação, porém detém uma arquitetura com um desenho adequadamente aberto para apoiar uma distribuição efetiva do piloto e provar a integração dos componentes envolvidos, o motor *Pulse* da FEEDZAI e a arquitetura do SCADA/DMS GENESys [18].

2.5 Caso em Estudo: *GONG*

A tempestade *GONG*, assim batizada por uma rádio alemã [21], foi um ciclone extratropical, ou uma depressão muito cavada com origem numa ciclogénese explosiva [22], que assolou Portugal Continental com especial incidência na zona Norte e Centro em janeiro de 2013. Tratou-se de um fenómeno meteorológico natural, de carácter extraordinário, concebido no oceano Pacífico, mais concretamente nas costas do litoral de Portugal e Espanha e que se caracterizou pela sua intensidade e persistência ao longo do tempo. Segundo o Prof. Dr. Ruibran dos Reis, esta tempestade, vista por imagens satélite, ver figura 2.8, assemelhava-se a um furacão, porém, e felizmente, devido à sua formação em regiões de altas latitudes, a sua intensidade foi mais fraca. Ainda assim, em algumas zonas o vento ultrapassou os 140 km/h e manifestou-se, teimoso, durante todo o dia de sábado e domingo, dia 19 e 20 de janeiro respetivamente, não oferecendo quaisquer tréguas durante esse período.

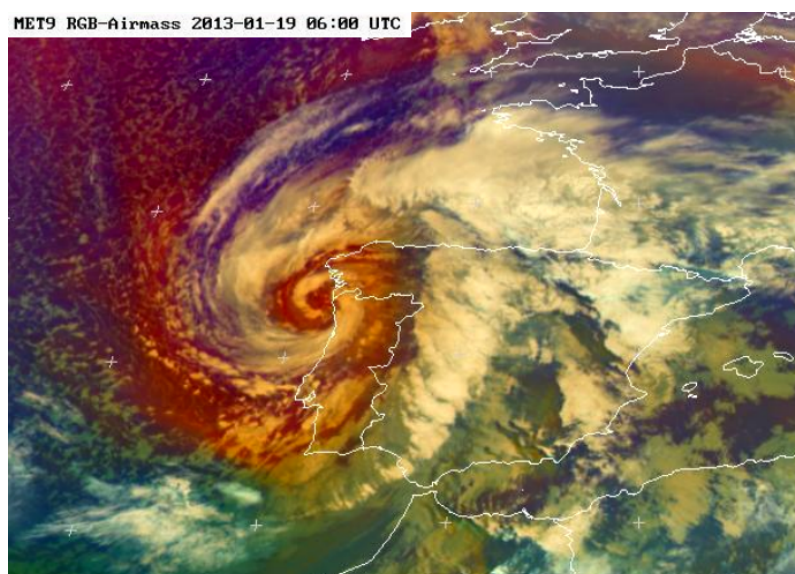


Figura 2.8: Imagens satélite da depressão GONG no dia 19-01-2013 às 14h [22]

Como pode ser observado, o centro da depressão terá feito o seu *landfall* na zona de Viana do Castelo e os ventos mais fortes ter-se-ão feito sentir no litoral entre Aveiro e Leiria, por sua vez, onde ocorreram os estragos maiores. [22]

Note-se ainda, segundo o Prof. Dr. Rui Bran dos Reis, que em menos de dezanove horas houve uma queda na pressão atmosférica no centro da tempestade de 28 hPa. A título de comparação, para uma tempestade, o normal é 10 hPa em vinte e quatro horas [23]. Todavia, destaca-se o facto da tempestade ter abrandado perto do dia vinte e três e, por essa via, os estragos terem desvanecido e a normalidade ter regressado. Ainda assim, este ciclone provocou grandes perturbações na rede de distribuição, originadas sobretudo pela queda de árvores e de outros obstáculos sobre os condutores das linhas elétricas de alta, média e baixa tensão. Segundo o semanário Expresso do dia 6 de abril de 2013: "A tempestade violenta que se abateu sobre o território nacional, a dezoito e dezanove de janeiro, deixou um rasto de destruição que totaliza mais de €130M de prejuízos" [24]. Estes prejuízos envolvem várias entidades, sendo que as seguradoras, a agricultura, e a EDP foram as vítimas maiores. A EDP, segundo uma entrevista feita pelo Correio da Manhã, publicada no diário de dez de fevereiro de dois mil e treze, ao Dr. António Mexia, avalia os seus gastos em €15M. A mesma fonte ainda referiu que foram destruídas cerca de onze mil quilómetros de rede elétrica [25] e um milhão de portugueses viu o seu fornecimento de eletricidade cortado [26]. No entanto, atentando ao Relatório de Contas de 2012 da EDP Distribuição, "a EDP Distribuição respondeu de forma célere procurando efetuar a reposição do fornecimento de energia elétrica aos clientes no menor espaço de tempo possível, recorrendo à instalação de inúmeros grupos eletrogéneos, centrais MT/BT móveis e de outras unidades de socorro. De realçar o forte envolvimento de meios humanos, internos e dos prestadores de serviço, que vestiram a camisola EDP e, apesar do grande esforço e sacrifício, fizeram um trabalho irrepreensível" [27]. Assim, ao fim de setenta e duas horas, noventa e nove por cento das situações ficaram resolvidas. Atente-se

agora novamente no Relatório e Contas 2012 da EDP Distribuição: "Após o termo do exercício, não estão identificadas ocorrências com repercussão relevante nos resultados ou na posição financeira da Empresa com referência a 31 de Dezembro de 2012, ou que requeiram divulgação, à exceção da tempestade GONG de 19 de Janeiro de 2013" [27]. Foi de facto uma despesa bruta por parte da empresa, que com certeza não quer voltar a repetir idêntica situação. Pois, como se sabe, a atividade de distribuição de energia elétrica e, consequentemente, os proveitos dela resultante, é naturalmente afetada pelo desempenho da reposição de serviço em situações idênticas a esta, pelo que deve ser o mais rápido possível. Contudo, haverá sempre repercussões nos resultados da Empresa, associados ao maior ou menor volume da energia não distribuída e ao número de clientes afetados. Por exemplo, um desvio de um por cento nas quantidades totais de energia distribuída em Alta, Média e Baixa tensões e no número médio de clientes, tem um impacto próximo de €1,5 milhões respetivamente nos proveitos resultantes desta atividade, podendo variar em função da estrutura da energia entregue por nível de tensão [27].

No que concerne a eventos SCADA, repare-se na diferença de eventos gerados na semana do GONG quando comparados com a mesma semana do ano transato.

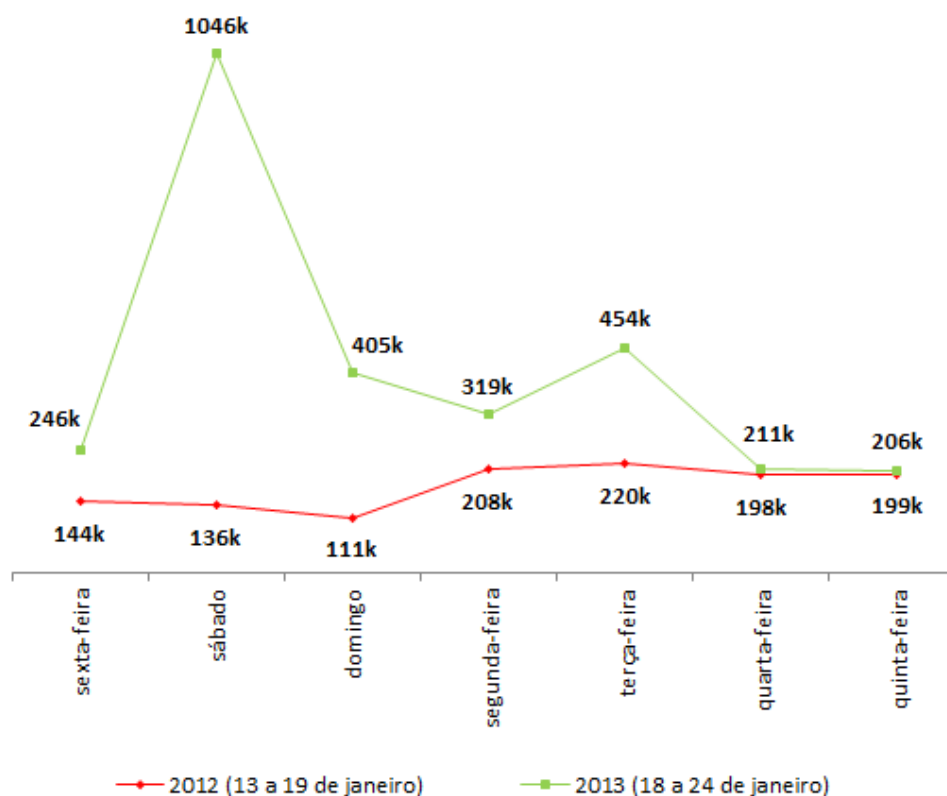


Figura 2.9: Número de eventos SCADA/DMS, terceira semana de 2012 *versus* terceira semana de 2013. Adaptado de [15]

Por último, relativamente à energia não fornecida, veja-se a figura 2.10.

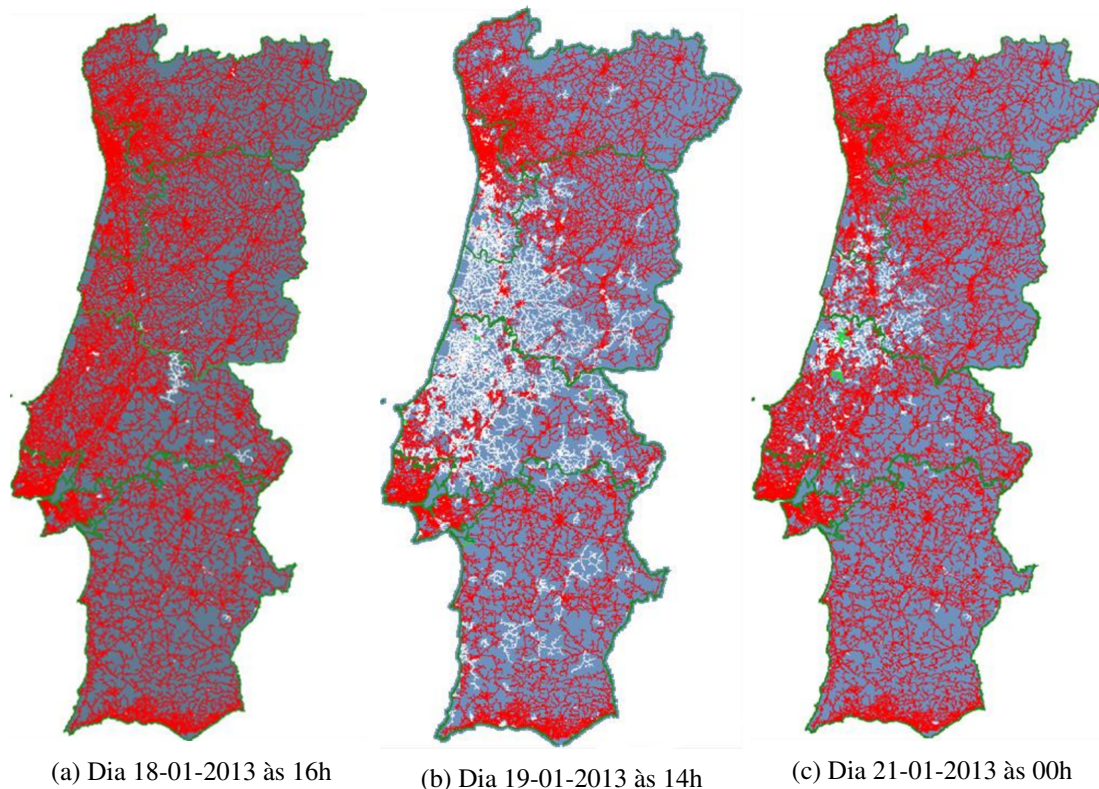


Figura 2.10: Evolução da não energização em Portugal Continental durante o GONG [28]

Como é verificável pela figura 2.10, e consultando para o efeito a tabela 2.13 em jeito de comparação, percebe-se o porquê do GONG ter sido dramático ao nível da energia não distribuída. Repare-se que pelas 14 horas do dia 19 o centro de Portugal Continental estava quase na totalidade desprovido de eletricidade.

Tabela 2.13: Coloração por energização. Adaptado de [29]

Cor	Significado
Vermelha	Estado de energização
Branco	Estado não-energizado
Verde	Estado ligado à terra
Roxa	Estado de falhado (simultaneamente ligado à terra e energizado)

2.6 Resumo e Conclusões

Depois de analisado o atual SCADA da EDP Distribuição, percebendo o seu funcionamento e os seus maiores defeitos, assimilando conceitos sobre a estrutura de alarmes e de se estar a par de uma eventual implementação do TIA na EDIS, há condições para realizar o trabalho a que esta dissertação se propõe. Assim, enquanto no próximo capítulo, 3, se pretende implementar um

algoritmo que identifique padrões de acontecimentos relativos a disparos de disjuntores no *GONG*, no capítulo seguinte, 4, ambiciona-se a validação desses resultados, primeiro pela redução de alarmes sentida, seguido da sua comparação com os resultados já obtidos no estudo *offline* outrora realizado, e por fim pelo impacto da redução de alarmes efetuada, pois poderão advir problemas no que remete à ocultação de informação ao operador, influenciando negativamente a cotação deste algoritmo.

De notar, que é requisito fundamental a versatilidade do algoritmo, pelo que deve funcionar e apresentar resultados para qualquer que sejam os registos lá inseridos.

Capítulo 3

Aplicação prova de conceito

Este capítulo surge com o objetivo de aplicar, na prática, a temática *Smart Alarm Processing* ao SCADA da EDPDIS. De uma maneira geral, e em tom de introdução ao capítulo presente, pretende-se reduzir a taxa de alarmes significativamente, sobretudo em alturas de condições atmosféricas adversas, onde a percentagem de alarmes é bastante elevada, dificultando a função do operador: atuar rapidamente perante os alarmes que chegam ao sistema, reconfigurando a rede de modo a minimizar o não fornecimento de energia e, por essa via, poupando custos acrescidos e provocando satisfação ao consumidor final [30]. Para isso foi criada uma aplicação, que funciona de modo *offline*, onde trata qualquer informação proveniente do SCADA, qualquer que seja o seu tamanho. A aplicação ainda simula a chegada dos alarmes ao sistema, de forma a imitar a realidade. O seu conceito será provado primeiro com a explicação do algoritmo, 3.1, e depois, mais tarde, com a apresentação dos resultados, em 4.

Este capítulo encontra-se dividido essencialmente em três grandes grupos. O primeiro, apelidado de Algoritmo desenvolvido, 3.1, tem como principal preocupação a estrutura e fundamentação do mesmo, recorrendo maioritariamente à apresentação de *queries* sob a forma de pseudo-códigos. Por outro lado, enquanto o segundo visa a demonstração da interface gráfica, ilustrando assim uma série de *screenshots* realizados à aplicação, o terceiro e último grupo, 3.3, pretende, apoiando-se em muito no que foi produzido em 3.1 e em 3.2, simular o que foi desenvolvido, na tentativa de imitar aquilo que realmente acontece num CC.

3.1 Algoritmo desenvolvido

Nesta secção irá ser descrito o algoritmo desenvolvido de uma forma hierárquica. Isto é, partir-se-á de uma tabela inicial, 3.1, fornecida previamente pela EDPD, e aplicando sucessivas *queries* a essa mesma tabela, atingir-se-á o produto final. Por outras palavras, severas manipulações serão efetuadas à informação inicial disponibilizada, com vista a alcançar o objetivo inicial estipulado. De realçar que, todos os resultados intermediários, resultado de *queries* realizadas, que se achem fulcrais para o bom entendimento e seguimento do algoritmo, serão também apresentados, sempre sob a forma de tabelas.

Portanto, como já havia sido mencionado acima, até que se atinja o *output* desejado, várias *queries* serão apresentadas, sob a forma de pseudocódigo, bem identificadas e sempre acompanhadas do seu fundamento. Assim, haverá um fio condutor ao longo desta sequência lógica e conferirá ao leitor mais conforto, suscitando o mínimo de dúvidas possível.

Cada *query* detém o seu próprio pseudocódigo, e está representada numa tabela que segue a estrutura da tabela 3.1.

Tabela 3.1: *Query* exemplo

<i>query</i> x	$Q_y_nome_tabela$	type of query
<i>input</i> :		
<i>output</i> :		
<i>process</i> :		

Como se pode verificar, cada *query* tem um número de ordem, representado pela letra x , um nome, representado pelo descritivo, $Q_y_nome_tabela$, e um corpo principal, constituído pelas entradas, pelo seu processamento e pela respetiva saída. Na tabela 3.1 estão personificados como *input*, *process* e *output*, respetivamente. Não menos importante, é o facto de, em cada pseudocódigo, estar apresentado o tipo de *query* que se definiu para a mesma. Está escrito no cabeçalho da tabela e pode variar entre quatro tipos diferentes, descritos na tabela 3.2.

Tabela 3.2: Tipos de *queries*

<i>ID</i>	Tipo de <i>query</i>
1	<i>query</i>
2	<i>query create table</i>
3	<i>query adds to table</i>
4	<i>query update table</i>

A *query* do tipo um é uma consulta com *output* virtual, na medida em que o seu resultado não gera qualquer tabela real. Em contrapartida, a *query* do tipo dois já cria uma tabela. Por seu turno, a *query* do tipo três adiciona dados a uma tabela e por fim, o tipo quatro, como o próprio nome indica, atualiza dados de uma tabela previamente criada.

A escolha do tipo de *query* depende essencialmente do seu processamento e do resultado gerado. Por um lado, o processamento está intrinsecamente ligado ao tempo computacional exigido pela *query*, pois, como é natural, quanto mais processamento houver, mais lenta será a execução da mesma. Por outro lado, o resultado é um dado deveras importante, uma vez que, mesmo sendo o processamento computacionalmente leve, poderá interessar gerar uma tabela. Desta vez, não por questões de velocidade de processamento mas sim devido à importância do resultado obtido.

Todavia, é de sublinhar o facto de, por vezes, ser preferível gerar uma tabela intermediária ao invés de realizar uma *requery*, ou seja, uma *query* de uma *query*. A diferença reside no facto de, para este último caso, aquando da execução de uma macro, a *query* hierarquicamente inferior ser executada sempre que as hierárquicas superiores são chamadas. Isto leva a que, perante uma

elevada exigência computacional, se recorra à geração de tabelas, mesmo que o seu resultado não seja importante, o suficiente, para o caso. Deste modo garante-se que, a *query* geradora de tabela, só é executada uma e uma só vez.

Como já foi referido, para desenvolver o algoritmo partiu-se do *input* inicial. Este último foi fornecido sob a forma de tabela e corresponde a todos os eventos ocorridos durante o temporal *GONG*, mais concretamente desde as 16h do dia 18 de janeiro de 2013 e as 23h do dia 20 de janeiro do mesmo ano. A tabela detém uma série de colunas, porém só algumas são interessantes para o estudo. As que se consideraram importantes, isto é, os campos que se consideraram úteis para o desenvolvimento do algoritmo, estão presentes na tabela 3.3, e acompanhados dos seus devidos significados.

Tabela 3.3: Campos da tabela T_EVENT_LOG_GONG

ID	Campo	Significado
1	<i>INS_COUNT</i>	ID do Evento
2	<i>EVDATE</i>	Datação do Evento à chegada ao Sistema
3	<i>NTTAGTIME</i>	Datação real do Evento, em segundos, desde 1 – Jan – 1970
4	<i>STTAGMS</i>	Datação real, com precisão ao milissegundo, do Evento
5	<i>EVDESC</i>	Descrição detalhada do Evento
6	<i>TAGHLO</i>	<i>TAG</i> incompleta do Evento, com seis caracteres
7	<i>TAGHLI</i>	<i>TAG</i> incompleta do Evento, com onze caracteres
8	<i>TAGI</i>	<i>TAG</i> completa do Evento, com dezasseis caracteres
9	<i>LOGYPE</i>	Característica do Evento
10	<i>STYPE</i>	Característica do Evento

Com o intuito de compreender melhor estes campos será explicado um evento exemplo, em tom de justificação geral. Atente-se agora na tabela 3.4.

Tabela 3.4: Evento exemplo

<i>INS_COUNT</i>	<i>EVDATE</i>	<i>NTTAGTIME</i>	<i>STTAGMS</i>	...
1809290	10/01/2013 05 : 53 : 11	1358574176	850	...
<i>EVDESC</i>		<i>TAGHLO</i>	<i>TAGHLI</i>	...
SE OVAR 2FURADOU DISJUNTOR DESLIGADO		ASOVAR	ASOVAR 2204-	...
<i>TAGI</i>	<i>LOGYPE</i>	<i>STYPE</i>		
ASOVAR 2204- DJEST	6	5		

Observando cuidadosamente 3.4, verifica-se que o evento ocorreu 1358574176 segundos e 850 milissegundos após a meia-noite do dia 1 – Jan – 1970, chegando ao sistema em 10/01/2013 05 : 53 : 11, sensivelmente dois segundos após ter ocorrido. Pelo descritivo, trata-se de uma proteção máxima homopolar que atuou na subestação de OVAR, no painel 2FURADOU. As *TAGs*, que basicamente codificam o descritivo detalhado do evento, são mais utilizadas para a manipulação

de dados, de que são exemplo as *queries* que irão ser apresentadas mais à frente. Contudo, para questões de consulta esporádica e para os operadores de rede em geral, o descritivo por extenso acaba por ser o mais usado, por ser de fácil leitura. Porém, para se entender pormenorizadamente as *TAGs* e os seus níveis, e em particular as deste exemplo, repare-se novamente na tabela 3.3, nos campos *TAGHL1*, *TAGHL2* e *TAG1* da tabela 3.4 e faça-se a analogia com as tabelas 2.7 e 2.6, entender-se-á perfeitamente. Por outro lado, os campos *LOGTYPE* e *STYPE* afirmam sobre as características do evento, como puderam ser observadas anteriormente nas tabelas 2.11 e 2.12. Assim, consultando estas últimas, verifica-se que o Evento é do tipo entidade *Digital* e gerou alarme. Por último, o *INS_COUNT* é o elemento identificador do Evento, sendo por isso único e intransmissível. Em tom de curiosidade, este *ID* é dado por um contador que numera os eventos automaticamente, e de forma crescente consoante a sua chegada ao SCADA. No entanto, como se esperaria, há um momento em que o contador volta a zero, recomeçando a contagem.

Por fim, a tabela que originou os eventos ocorridos durante o *GONG*, 2.5, foi exportada através da plataforma de dados do SCADA, em *Oracle V.10*, o seu tipo de base de dados, e foi fornecida em *Microsoft Access* via ODBC, pelo que por este motivo, e devido ao facto da DAT já estar acostumada à sua programação, decidiu-se continuar o trabalho nesta ferramenta.

Acabada esta pequena introdução ao algoritmo, apresentar-se-á as *querys* desenvolvidas e a sua devida explicação.

A primeira *query* pode ser observada na tabela 3.5 e foi a primeira manipulação realizada aos dados fornecidos.

Tabela 3.5: Q_01_T_Eventos

<i>query</i> 1	Q_01_T_Eventos	<i>query create table</i>
<i>input:</i>	1: <i>T_EVENT_LOG_GONG</i>	
<i>output:</i>	<i>T_Eventos</i>	
	<i>new fields:</i>	
	1: <i>TAGTIME</i>	
	<i>if</i> <i>NTTAGTIME</i> > 0	
	<i>=</i> <i>DateAdd</i> ("s", <i>NTTAGTIME</i> ,"01 – Jan – 1970")	
	<i>else</i>	
	<i>=</i> <i>Null</i>	
<i>process:</i>	<i>WHERE</i>	
	(<i>LOGTYPE</i> = 1 <i>AND</i> <i>STYPE</i> = 5) <i>OR</i> (<i>LOGTYPE</i> = 6 <i>AND</i> <i>STYPE</i> = 5)	

Observa-se que a *query* gerou uma tabela, como *output*, denominada de *T_Eventos*. No que concerne aos campos desta nova tabela, mantiveram-se os mais importantes, presentes na tabela 3.4, adicionando-se ainda um novo campo, o *TAGTIME*. Este novo campo foi criado de forma a decodificar a informação da coluna *NTTAGTIME* para o formato *dd/mm/yyyy hh : mm : ss*, copiando assim o campo *EVDATE* já existente.

Esta transformação foi necessária devido à coluna *NTTAGTIME* estar apresentada em *Unix Time*¹.

Ainda relativamente à *query* 3.5, colocaram-se algumas restrições ao nível das características dos eventos, forçando os campos *LOGTYPE* e *STYPE* a gerarem apenas eventos digitais, através da consulta às tabelas 2.11 e 2.12. O facto de se ter escolhido apenas eventos digitais, independentemente de gerarem alarme ou não, prende-se com o facto de se estar interessado em alterações de estado de equipamentos, sendo desnecessário, para o efeito, por exemplo, medições de determinadas grandezas ou até mesmo controlos efetuados por parte dos operadores.

Executada a *query* 3.5, pode-se agora prosseguir o algoritmo. As condições impostas encontram-se apresentadas na *query* 3.6.

Tabela 3.6: Q_02_T_DJEST_DESL

<i>query</i> 2	Q_02_T_DJEST_DESL	<i>query create table</i>
<i>input:</i>	1: <i>T_Eventos</i>	
<i>output:</i>	<i>T_DJEST_DESL</i>	
<i>process:</i>	WHERE	
	<i>EVDESC Not Like</i> "*"Inválido*" AND <i>TAG Like</i> "*"DJEST*" AND	
	<i>Trim(Mid(EVDESC,85,26)) Like</i> "DESLIGADO"	

Como se pode observar, a nova *query* visa, ao resultado da *query* 3.5, manter apenas *TAGs* relacionadas com disjuntores desligados e eliminar eventos inválidos. Assim, nesta fase inicial, além de se pretender ver apenas eventos válidos, descartando os inválidos na medida em que prejudicam e influenciam os resultados, tornando-os pouco fidedignos, deseja-se mostrar também os eventos associados a disparos de disjuntores, pois, como já foi mencionado no preâmbulo, são parte integrante do produto final, os alarmes compostos. Ver-se-á mais adiante.

Agora, o objetivo era para um dado disparo, neste caso evento de disjuntor desligado, *DJEST DESL*, encontrar o seu disparo anterior. Por outras palavras, para um mesmo painel, descobrir um par de disparos consecutivos. De forma a executar este passo, foi necessário executar três *queries*, que se apresentam nas tabelas 3.7, 3.8 e 3.9 respetivamente.

¹*Unix Time* é um sistema temporal, descrito por um número inteiro, que equivale à diferença, em segundos, entre qualquer data e a meia-noite do dia 01/01/1970. Por exemplo, a data 01/09/2014 12 : 00 : 00 corresponde, neste sistema, a 1409572800.

Tabela 3.7: Q_02_A_T_DJEST_DESL+DESL_ANTERIOR

<i>query</i>	3	Q_02_A_T_DJEST_DESL+DESL_ANTERIOR	<i>query create table</i>
<i>input:</i>	1: <i>T_DJEST_DESL</i> 2: <i>T_DJEST_DESL_copy</i>		
	associations:	1: input1.TAGHLI = input2.TAGHLI	
<i>output:</i>	<i>T_DJEST_DESL+DESL_ANTERIOR</i>		
	new fields:	1: <i>DispAnt_INS_COUNT</i> = Max input2. <i>INS_COUNT</i> 2: <i>Disp_INS_COUNT</i> = input1. <i>INS_COUNT</i>	
<i>process:</i>	WHERE input2. <i>INS_COUNT</i> < input1. <i>INS_COUNT</i>		

Como se pode verificar em 3.7, o primeiro passo realizado foi, para cada painel, e dado um disparo, *Disp_INS_COUNT*, encontrar o disparo imediatamente anterior, *Disp_Ant_INS_COUNT*. De forma a obter este resultado, juntaram-se duas tabelas iguais, oriundas do *output* de 3.6, e de forma a garantir que os eventos eram anteriores a um dado disparo usou-se a condição $\text{input2.INS_COUNT} < \text{input1.INS_COUNT}$. Por fim, de modo a encontrar o disparo imediatamente anterior, escolheu-se o máximo valor do *INS_COUNT* dos eventos anteriores ao dado disparo, **Max** input2.INS_COUNT , pois sabe-se que, como já foi mencionado, quanto maior for o valor do contador mais recente é o evento.

Tabela 3.8: Q_02_B_DJEST_DESL+DESL_ANTERIOR

<i>query</i>	4	Q_02_B_DJEST_DESL+DESL_ANTERIOR	<i>query</i>
<i>input:</i>	1: <i>T_DJEST_DESL</i>		
<i>output:</i>	<i>none</i>		
	new fields:	1: <i>Disp_INS_COUNT</i> = Min <i>INS_COUNT</i>	

Contudo, apesar de grande parte deste passo já estar concluído através de 3.7, um pormenor importante está em falta. Este vem a tona, quando o disparo anterior não existe. Para contornar esta situação foram desenvolvidas as duas *queries* restantes deste passo. Assim, enquanto em 3.8 se pretende descobrir, para cada painel, o disparo mais antigo, **Min** *INS_COUNT*, em 3.9 deseja-se atribuir valor *zero* ao campo *Disp_Ant_INS_COUNT*, referente ao mesmo disparo. Pois, como os registos históricos são finitos, não se sabe quando se deu o disparo anterior ao primeiro registado.

Tabela 3.9: Q_02_C_T_DJEST_DESL+DESL_ANTERIOR

<i>query</i> 5	Q_02_C_T_DJEST_DESL+DESL_ANTERIOR	<i>query adds to table</i>
<i>input:</i>	1: <i>T_DJEST_DESL</i> 2: <i>Q_02_B_DJEST_DESL+DESL_ANTERIOR</i>	
	associations: 1: input1.INS_COUNT = input2.INS_COUNT	
<i>output:</i>	<i>T_DJEST_DESL+DESL_ANTERIOR</i>	
	new fields: 1: <i>Disp_INS_COUNT</i> = input1.INS_COUNT 2: <i>DispAnt_INS_COUNT</i> = 0	

Posto isto, concluiu-se esta etapa, encontrando o resultado exposto na tabela 3.10.

Tabela 3.10: T_DJEST_DESL+DESL_ANTERIOR

<i>Disp_INS_COUNT</i>	<i>Disp_EVDATE</i>	<i>Disp_TAGTIME</i>	<i>Disp_STTAGMS</i>	...
...
1719302	18/01/2013 16:33:02	18/01/2013 16:32:43	910	...
1719326	18/01/2013 16:33:13	18/01/2013 16:32:44	940	...
1719343	18/01/2013 16:33:25	18/01/2013 16:33:00	830	...
...
<i>Disp_EVDESC</i>			<i>Disp_TAGHLL</i>	...
...		
SE FELGUEIRAS 2BUGIO DISJUNTOR DESLIGADO Autom.			NSFLG-2209-	...
SE FELGUEIRAS 2LONGRA DISJUNTOR DESLIGADO Autom.			NSFLG-2203-	...
SE FELGUEIRAS 2LONGRA DISJUNTOR DESLIGADO Autom.			NSFLG-2203-	...
...		
<i>DispAnt_INS_COUNT</i>				
...				
0				
1719294				
1719236				
...				

Pode-se reparar que na primeira parte da tabela estão os disparos, e os seus detalhes, e, como era previsível, na segunda parte encontram-se os respetivos *IDs* dos disparos anteriores. Nesta tabela não foram apresentados os detalhes destes últimos, no entanto facilmente se obtêm. Para isso, bastava juntar esta última tabela com o resultado da *query* 3.5, a tabela *T_Eventos*, e de seguida, associando-se os *IDs* correspondentes, obtinham-se os detalhes procurados para cada disparo anterior.

Em suma, obteve-se para cada painel, *TAGHLL*, os disparos efetuados e, para cada um deles, o seu antigo disparo. Agora, sabe-se que os eventos de disjuntores ligados estarão entre os pares

de eventos de disjuntores desligados consecutivos, pois, claro está, que para haver um disparo é porque existiu antes uma religação. Verificar-se-á mais à frente, no desenrolar do algoritmo.

De notar que, como já foi mencionado anteriormente, no que concerne aos tipos de *queries* que originaram este resultado, 3.10, estas foram diferentes, como pôde ser observado nos seus cantos superiores direitos. Assim, enquanto 3.7 cria uma tabela com todos os disparos e os seus antecessores, esquecendo-se de adicionar os que, por limitação de dados, não detêm predecessor, 3.7 é passo intermédio, *query* sem *output* real, de 3.9 que se encarrega de corrigir a falha de 3.10.

Posto isto, encontrados os pares de disparos consecutivos, pode-se averiguar agora sobre a sua causa. Sabe-se, que quando se está perante um determinado defeito, os órgãos responsáveis pela sua deteção, as proteções, atuam e ordenam o disparo do disjuntor, que naturalmente obedece com o intuito de isolar a deficiência. São estes órgãos que se irão agora estudar. Atente-se na tabela 3.11.

Tabela 3.11: Q_03_T_DJEST_DESL_PR

<i>query</i> 6	Q_03_T_DJEST_DESL_PR	<i>query create table</i>
<i>input:</i>	1: <i>T_Eventos</i> 2: <i>T_DJEST_DESL+DJEST_DESL_ANTERIOR</i>	
<i>associations:</i>	1: $\boxed{\text{input1.TAGHLI}} = \boxed{\text{input2.TAGHLI}}$	
<i>output:</i>	<i>T_DJEST_DESL_PR</i> <i>new fields:</i> 1: <i>tempo_defeito</i> $\text{if } \text{input2.TAGTIME} - \text{input1.TAGTIME} = 0$ $= \frac{\text{input2.STTAGMS} - \text{input1.STTAGMS}}{1000}$ else $= \frac{(\text{input2.TAGTIME} - \text{input1.TAGTIME}) \times 24 \times 60 \times 60 + \text{input2.STTAGMS} - \text{input1.STTAGMS}}{1000}$	
<i>process:</i>	WHERE <i>T_Eventos.TAG1 Like "????????PR" AND</i> $\text{input1.TAGTIME} + \frac{\text{input1.STTAGMS}}{1000 \times 60 \times 60 \times 24} < \text{input2.TAGTIME} + \frac{\text{input2.STTAGMS}}{1000 \times 60 \times 60 \times 24} \text{ AND}$ $\text{input1.TAGTIME} + \frac{\text{input1.STTAGMS}}{1000 \times 60 \times 60 \times 24} \geq \text{input2.TAGTIME} + \frac{\text{input2.STTAGMS}}{1000 \times 60 \times 60 \times 24} -$ $\frac{5}{60 \times 60 \times 24}$	

Como se pode observar em 3.11, de modo a encontrar as proteções que originaram os disparos voltou-se a juntar um *output* recente, 3.10, com a tabela *T_Eventos*, 3.5. Realizou-se uma associação por painel, *TAGHLI*, à semelhança do que já havia sido efetuado em 3.7, pelas razões outrora explicadas, e procedeu-se à implementação das restrições. Assim, encontraram-se inicialmente as proteções, através dos *TAGs*, obrigando a serem apresentados apenas eventos do tipo "????????PR". De seguida, de modo a descobrir quais as proteções que estiveram na origem dos disparos, impôs-se a condição de que todas as proteções tinham que ser anteriores aos disparos e que tivessem ocorrido, no máximo, cinco segundos antes do disparo. De notar que, o valor escolhido de cinco segundos, para além de ser configurável a qualquer momento, é um valor

coerente, exequível e de compromisso com a realidade. Já que, embora majorado um pouco, é extremamente suficiente para absorver todas as proteções envolvidas nesse disparo. Obteve-se, desta forma, várias atuações de proteções para um mesmo disparo.

Não menos importante, foi o facto de se ter criado um novo campo que informa sobre o tempo que o defeito esteve presente ou, por outras palavras, o tempo que demorou o defeito a ser eliminado, *tempo_defeito*. Para isso, se a diferença até à casa do segundo fosse igual entre disparo e proteção, o novo campo calcula a diferença entre os respetivos milissegundos. Caso contrário, vê qual é a diferença entre as datas até ao segundo e depois entre milissegundos, e soma-as. Pela forma de cálculo, o resultado surge sempre em segundos ².

Agora, encontradas as proteções que originaram o disparo, falta garantir mais uma condição e uma manipulação, descritas em 3.12. Depois disso, finalmente pode-se ter numa tabela todos os disparos que ocorreram durante o temporal *GONG*, acompanhados do porquê da sua origem.

Tabela 3.12: Q_04_DJEST_DESL_PR_mais_antiga

<i>query</i>	7	Q_04_DJEST_DESL_PR_mais_antiga	<i>query</i>
<i>input:</i>		1: <i>T_DJEST_DESL_PR</i>	
<i>output:</i>		<i>none</i>	
		<i>new fields:</i>	
		1: <i>Prot_INS_COUNT_mais_antiga</i>	
		= <i>Min Prot_INS_COUNT</i>	
<i>process:</i>		<i>WHERE</i>	
		<i>Prot_INS_COUNT > DispAnt_INS_COUNT</i>	

Assim, com vista a assegurar que todas as atuações de proteções eram referentes a um mesmo disparo, obrigou-se a que todas estas fossem datadas superiormente aos disparos imediatamente anteriores ao disparo em jogo. Pois sabe-se, que caso houvesse atuações de proteções mais recentes do que a data de disparo de um dado disjuntor, podia-se afirmar, facilmente, que não foram essas mesmas proteções a causa do problema e, por conseguinte, o motivo do seu disparo. Por outro lado, a manipulação efetuada apenas está relacionada com a informação que se quer que seja dada ao operador. Esta prende-se com o facto de, entre as proteções atuadas para um mesmo disparo, escolher uma e apresentá-la, no alarme composto, como a sua *causa mãe*. Assim, decidiu-se escolher a proteção atuada mais antiga, ou seja, aquela que pela primeira vez ordenou o acionamento do disjuntor. A mesma encontrou-se agrupando cada disparo, e através da expressão *Min Prot_INS_COUNT*, escrita em 3.12, escolher o evento com menor valor de *INS_COUNT*. De seguida, de forma a criar a tão desejada tabela dos disparos, criou-se a *query* 3.13. Esta junta os dois *inputs* presentes e, associando-os pelos campos apresentados, absorve deles o registo, para cada disparo, que contém a proteção *causa mãe* pretendida e por sinal determinada em 3.12.

²De notar que o resultado da operação entre campos *TAGTIME* é dado em dias. Para haver coerência, em todos os casos serão transformados para segundos.

Tabela 3.13: Q_05_T_Disparos

<i>query</i>	8	Q_05_T_Disparos	<i>query adds to table</i>
<i>input:</i>		1: Q_04_DJEST_DESL_PR_mais_antiga 2: T_DJEST_DESL_PR	
	associations:	1: <input type="text" value="input1.TAGTIME"/> = <input type="text" value="input2.TAGTIME"/> 2: <input type="text" value="input1.STTAGMS"/> = <input type="text" value="input2.STTAGMS"/> 3: <input type="text" value="input1.TAGHLI"/> = <input type="text" value="input2.TAGHLI"/> 4: <input type="text" value="input1.INS_COUNT_min"/> = <input type="text" value="input2.INS_COUNT"/>	
<i>output:</i>		T_Disparos	

Compilou-se a *query*, e três exemplos da tabela resultante de 3.13 encontram-se apresentados em 3.14. De realçar, que o campo denominado de *ID* é um campo externo à manipulação de dados que tem vindo a ser realizada, ou seja, a sua origem em nada está relacionada com os campos da tabela inicialmente fornecida pela EDIS. É um campo que brota na estrutura da própria tabela e só entra em ação quando a *query* que gera a tabela T_Disparos, 3.14, é executada. O seu objetivo é numerar automaticamente, e de forma crescente, os registos que são para lá enviados. Desta forma, confere-se inconfundibilidade entre disparos. Ver-se-á a importância deste campo mais à frente.

Tabela 3.14: T_Disparos

ID	Disp_INS_COUNT	Disp_EVDATE	Disp_TAGTIME	Disp_STTAGMS	...
...
8	1713327	18/01/2013 16:00:13	18/01/2013 16:00:11	270	...
9	2113125	18/01/2013 16:00:31	18/01/2013 16:00:28	460	...
10	2113974	18/01/2013 16:01:22	18/01/2013 16:01:22	240	...
...
Disp_EVDESC				Prot_TAG1	...
...			
SE OVAR 2FURADOU DISJUNTOR DESLIGADO				ASOVAR2204-DJEST	...
SE PINHEL PNH15.C207-FREIXEDAS DISJUNTOR DESLIGADO				ISPNH-2207-DJEST	...
SE PINHEL PNH15.C204-ALMEIDA DISJUNTOR DESLIGADO				ISPNH-2204-DJEST	...
...			
Prot_INS_COUNT	Prot_EVDATE	Prot_TAGTIME	Prot_STTAGMS	...	
...
1713316	18/01/2013 16:00:12	18/01/2013 16:00:10	740
2113118	18/01/2013 16:00:30	18/01/2013 16:00:28	230
2113970	18/01/2013 16:01:22	18/01/2013 16:01:21	160
...
Prot_EVDESC				Prot_TAG1	...
...			
SE OVAR 2FURADOU MAX Io INST ARRANQUE				ASOVAR2204-PRHA-	...
SE OVAR 2FURADOU MAX Io INST ARRANQUE				ISPNH-2207-PRHID	...
SE PINHEL PNH15.C204-ALMEIDA MAX FASE INST ARRANQUE				ISPNH-2204-PRIIA	...
...			
TAGHL0	TAGHL1	tempo_defeito			
...			
ASOVAR	ASOVAR2204-	0,53			
ISPNH-	ISPNH-2207-	0,23			
ISPNH-	ISPNH-2204-	1,08			
...			

Como se pode observar pela tabela 3.14, do seu lado esquerdo tem-se o disparo, devidamente identificado com o prefixo *Disp*, e do lado direito a sua *causa mãe* que, como já foi referido, é a proteção mais antiga que ordenou o respetivo disparo, e encontra-se equipada com o prefixo *Prot*.

Tratados os disparos dos disjuntores, isto é, estudadas as suas mudanças de estado para *DESLIGADO*, é altura de se focar nas suas religações. Desta forma, as próximas *queries*, analogamente ao que foi feito a partir de 3.6, tratarão as religações dos disjuntores, ou seja, quando o seu estado se altera para *LIGADO*.

Tabela 3.15: Q_06_T_DJEST_LIG

query	9	Q_06_T_DJEST_LIG	query create table
input:	1:	<i>T_Eventos</i>	
output:		<i>T_DJEST_LIG</i>	
process:		WHERE <i>EVDESC</i> Not Like "Inválido*" AND <i>TAG</i> Like "*"DJEST*" AND <i>Trim</i> (<i>Mid</i> (<i>EVDESC</i> ,85,26)) Like "LIGADO"	

Assim, a *query* 3.15 segue o mesmo raciocínio da *query* 3.6 com a exceção de, na descrição do evento, *EVDESC*, se pretender procurar os estados *LIGADOS*.

Depois de encontradas todas as relações válidas, procedeu-se à seleção, para cada disparo, da sua respetiva relação. Para isso, foram necessárias efetuar várias etapas. Inicialmente, em 3.16, juntaram-se as tabelas *T_Disparos*, 3.14, e a tabela resultante da *query* anterior, 3.15, associando-as por painel.

Tabela 3.16: Q_07_T_DJEST_LIG_Religacoes

query	10	Q_07_T_DJEST_LIG_Religacoes	query create table
input:	1:	<i>T_Disparos</i>	
	2:	<i>T_DJEST_LIG</i>	
	associations:	1: <i>input1.TAGHLI</i> = <i>input2.TAGHLI</i>	
output:		<i>T_DJEST_LIG_Religacoes</i>	
	new fields:	1: <i>INS_COUNT_DESL</i> = <i>input2.INS_COUNT</i>	
		2: <i>tempo_religacao</i> = $\frac{(\text{input2.TAGTIME} - \text{input1.TAGTIME}) \times 24 \times 60 \times 60 + \text{input2.STTAGMS} - \text{input1.STTAGMS}}{1000}$	
process:		WHERE <i>tempo_religacao</i> > 0	

Como se pôde observar na *query* 3.16, ainda se criou um novo campo que calcula a diferença temporal entre uma relação e um disparo, implementando-se uma restrição de modo a que as relações fossem sempre temporalmente posteriores aos disparos, *tempo_religacao* > 0. Assim obtiveram-se, para cada painel, várias relações para um mesmo disparo. Contudo, naturalmente, com a restrição implementada, nem sempre surgiram relações comuns em disparos diferentes. O que foi bom, porém relações repetidas persistiam.

Assim, por forma a colmatar este problema, implementou-se a *query* 3.17.

Tabela 3.17: Q_08_DJEST_LIG_mais_recente

<i>query</i>	11	Q_08_DJEST_LIG_mais_recente	<i>query</i>
<i>input:</i>		1: <i>T_DJEST_LIG_Religacoes</i>	
<i>output:</i>		<i>none</i>	
		<i>new fields:</i> 1: <i>INS_COUNT_mais_recente</i> = <i>Max INS_COUNT</i>	

Esta última agrupa, usando o *output* de 3.16, cada religação e encontra o disparo respetivo mais recente, através do cálculo da expressão do máximo valor de *INS_COUNT*. Assim, todas as religações resultantes de 3.16 que acusaram repetições em disparos diferentes, para um mesmo painel, foram agrupadas e foi escolhido o disparo associado mais recente, visto que se pretende, para cada religação, o disparo imediatamente anterior. Pelo contrário, as religações que não padeceram de repetições em disparos distintos, permaneceram com o disparo que outrora lhes havia sido atribuído, estando esses casos dados como tratados. Naturalmente, como resultado, houve coincidências em associações, isto é, existiram casos em que disparos iguais estavam associados a religações diferentes. Porém, o pretendido era para cada disparo associar uma e só uma religação, e, como já foi mencionado, a imediatamente posterior.

Assim, por último, na *query* 3.18, de modo a corrigir este contratempo, aglomerou-se todos os disparos iguais de forma a escolher a religação com valor mínimo de *INS_COUNT*, ou seja, a religação, para esse disparo, imediatamente posterior. Já que, como era sabido, mais uma vez, as religações associadas a um mesmo disparo eram sempre superiormente datadas, tal e qual como foi restringido em 3.16.

Tabela 3.18: Q_08A_DJEST_LIG_anterior

<i>query</i>	12	Q_08A_DJEST_LIG_anterior	<i>query</i>
<i>input:</i>		1: <i>Q_08_DJEST_LIG_mais_recente</i>	
<i>output:</i>		<i>none</i>	
		<i>new fields:</i> 1: <i>INS_COUNT_DESL_anterior</i> = <i>Min INS_COUNT_anterior</i>	

Realizadas as *queries* 3.16, 3.17 e 3.18, há condições para criar a tabela desejada, isto é, todas as religações correspondentes aos disparos criados em 3.14, acompanhados dos seus devidos detalhes. No entanto, antes, ainda é necessário efetuar algumas manipulações às associações das *queries* acima referidas. Estas últimas, estão apresentadas na *query* 3.19.

Tabela 3.19: Q_09_T_Religacoes

query 13	Q_09_T_Religacoes	query create table
input:	1: <i>T_DJEST_LIG_Religacoes</i> 2: <i>Q_08_DJEST_LIG_mais_recente</i> 3: <i>Q_08A_DJEST_LIG_anterior</i>	
	associations: 1: input1.TAGTIME = input2.TAGTIME 2: input1.STTAGMS = input2.STTAGMS 3: input1.TAGHLI = input2.TAGHLI 4: input1.INS_COUNT_mais_recente = input2.INS_COUNT 5: input1.INS_COUNT_min → input3.INS_COUNT_DESL_ant	
output:	<i>T_Religacoes</i>	
process:	WHERE input3.INS_COUNT_DESL_ant Is Not Null	

Desta forma, enquanto ao associar 3.16 a 3.17 pelos campos em 3.19 apresentados, se garante a um conjunto particular de relações o seu disparo respetivo, ao aliar a realização do *LEFT JOIN* entre 3.16 e 3.18, do campo referente ao *INS_COUNT* das relações, à implementação da restrição que obriga apenas à mostragem de valores diferentes de nulo de *Relig_Posterior_INS_COUNT*, assegura-se, aos restantes disparos, de todas as relações, a associação apenas da relação imediatamente posterior. Analogamente à tabela T_Disparos, também a tabela T_Religacoes mereceu o seu devido destaque e três dos seus registos encontram-se apresentados em 3.20.

Tabela 3.20: T_Religacoes

<i>ID</i>	<i>Relig_EVDATE</i>	<i>Relig_TAGTIME</i>	<i>Relig_STTAGMS</i>	...
...
8	18/01/2013 16:00:37	18/01/2013 16:00:33	390	...
9	18/01/2013 16:03:56	18/01/2013 16:03:55	440	...
10	18/01/2013 16:53:25	18/01/2013 16:53:25	430	...
...
<i>Relig_EVDESC</i>			<i>Relig_TAGHLO</i>	...
...		
SE OVAR 2FURADOU DISJUNTOR LIGADO			ASOVAR	...
SE PINHEL PNH15.C207-FREIXEDAS DISJUNTOR LIGADO			ISPNH-	...
SE PINHEL PNH15.C204-ALMEIDA DISJUNTOR LIGADO			ISPNH-	...
...		
<i>Relig_TAGHLL</i>	<i>Relig_TAGL</i>	<i>tempo_religacao</i>		
...		
ASOVAR2204-	ASOVAR2204-DJEST	22,12		
ISPNH-2207-	ISPNH-2207-DJEST	206,98		
ISPNH-2204-	ISPNH-2204-DJEST	3123,19		
...		

Como se pode observar, o campo *ID* anteriormente falado, surge aqui, também, como elemento identificador das ligações. No entanto, ao contrário do que se havia passado nos disparos, os valores desta coluna não são automaticamente atribuídos mas sim associados aos que foram atribuídos aos disparos. Deste modo, juntando as tabelas T_Disparos, 3.14, e T_Religações, 3.20, e unindo os registos que detêm os *IDs* iguais, obtêm-se todos os pares *Disparo – Religação*.

De notar que houve coerência e sintonia entre os exemplos aqui apresentados e os disparos de 3.14. Isto aconteceu uma vez que, como foi referido no parágrafo anterior, foram escolhidas as ligações com o mesmo valor de *ID* dos disparos.

Agora, tendo em mão os disparos e as respetivas ligações, para a construção dos alarmes compostos, apenas resta conhecer, quais os eventos que, durante dois disparos consecutivos e para um mesmo painel, ocorreram e originaram alarme. Esses serão os eventos escondidos, isto é, aqueles que serão ocultados ao operador e disfarçados sob forma de alarme composto. A *query* que tratou este passo importante no algoritmo está apresentada em 3.21.

Tabela 3.21: Q_10_T_AlarmesEscondidos

<i>query</i> 14	Q_10_T_AlarmesEscondidos <i>query create table</i>
<i>input:</i>	1: <i>T_Eventos</i> 2: <i>T_Disparos</i> associations: 1: input1.TAGHLI = input2.TAGHLI
<i>output:</i>	<i>T_AlarmesEscondidos</i> new fields: 1: <i>INS_COUNT_escondido</i> = <i>INS_COUNT</i>
<i>process:</i>	WHERE <i>INS_COUNT_escondido</i> ≥ <i>DispAnt_INS_COUNT</i> AND <i>INS_COUNT_escondido</i> ≤ <i>Disp_INS_COUNT</i> AND

Depois de verificados os disparos e as respectivas religações e encontrados todos os eventos escondidos associados, em todo o intempérie *GONG*, era interessante, neste momento, conhecer quais as religações que foram bem e mal sucedidas. Assim, de modo a determinar se uma dada religação foi bem sucedida, interessa conhecer primeiro, se depois dela, e num curto intervalo de tempo, o mesmo disjuntor disparou. Se houve disparo, é natural que a religação não fora bem sucedida. No entanto, no caso de não existir qualquer disparo é sinal que a religação fora realizada com sucesso e, por conseguinte, o disjuntor voltou a operar na sua zona de conforto. A *query* implementada para este efeito está apresentada em [3.22](#).

Tabela 3.22: Q_11_Religacoes_NOK

query 15	Q_11_Religacoes_NOK	query
input:	1: <i>T_Disparos</i> 2: <i>T_Religacoes</i> associations: 1: input1.TAGHLI \leftarrow input2.TAGHLI	
output:	<i>none</i> new fields: 1: <i>OK_NOK</i> if $\text{input1.TAGTIME} + \frac{\text{input1.STTAGMS}}{1000 \times 60 \times 60 \times 24} \geq \text{input2.TAGTIME} + \frac{\text{input2.STTAGMS}}{1000 \times 60 \times 60 \times 24}$ AND $\text{input1.TAGTIME} + \frac{\text{input1.STTAGMS}}{1000 \times 60 \times 60 \times 24} \leq \text{input2.TAGTIME} + \frac{\text{input2.STTAGMS}}{1000 \times 60 \times 60 \times 24} + \frac{5}{60 \times 60 \times 24}$ = "NOK" else = "OK"	
process:	WHERE <i>OK_NOK Like "NOK"</i>	

Como se pode observar, o curto período de tempo definido, e explicado anteriormente, foi de cinco segundos. Decidiu-se escolher este valor porque se considerou que cinco segundos eram suficientes para que as novas proteções detetassem que o defeito ainda estava presente, após uma tentativa anterior de religação falhada.

Em suma, tratados os disparos e a sua causa, verificados as religações e o seu sucesso, calculados os tempos de defeito e de religação, e encontrados, para cada alarme composto, os eventos escondidos correspondentes, é altura de juntar os alarmes compostos, isto é, todos os disparos, 3.14, e religações, 3.20, e ordená-los por ordem crescente de *ID*. Contudo, antes, é extremamente necessário efetuar algumas alterações aos campos das tabelas que se vão juntar. Como se trata já de um resultado preliminar, o requinte e uma apresentação transparente são fundamentais. Por fim, e não menos importante, é o facto das tabelas terem que ter o mesmo número de campos de destino, de forma a que haja coerência no resultado da tabela final.

Posto isto, efetuaram-se as alterações visíveis em 3.23 e 3.24.

Tabela 3.23: Q_12_T_AlarmesCompostos_Disparos

query	16	Q_12_T_AlarmesCompostos_Disparos	query adds to table
input:	1: T_D_DESL_PR 2: Q04_DJEST_DESL_PR_mais_antigo		
	associations:		
	1: input1.TAGTIME = input2.TAGTIME		
	2: input1.STTAGMS = input2.STTAGMS		
	3: input1.TAGHLI = input2.TAGHLI		
	4: input1.INS_COUNT_min = input2.INS_COUNT		
output:	T_AlarmesCompostos		
	new fields:		
	1: DataRTU = input1.TAGTIME & "." & input1.STTAGMS		
	2: Duracao if tempo_religacao < 1 = tempo_religacao × 1000 & "ms" elseif tempo_religacao < 1 × 60 = Int tempo_religacao & "s" & Round (tempo_religacao – Int tempo_religacao) × 1000 & "ms" elseif tempo_religacao < 1 × 60 × 60 = Int $\frac{tempo_religacao}{60}$ & "min" & Round $\left(\frac{tempo_religacao}{60} - Int \frac{tempo_religacao}{60} \right)$ × 60 & "s" elseif tempo_religacao < 1 × 60 × 60 × 24 = Int $\frac{tempo_religacao}{60 \times 60}$ & "h" & Round $\left(\frac{tempo_religacao}{60 \times 60} - Int \frac{tempo_religacao}{60 \times 60} \right)$ × 60 & "min" elseif tempo_religacao < 1 × 60 × 60 × 24 × 30 = Int $\frac{tempo_religacao}{60 \times 60 \times 24}$ & "d" & Round $\left(\frac{tempo_religacao}{60 \times 60 \times 24} - Int \frac{tempo_religacao}{60 \times 60 \times 24} \right)$ × 24 & "h" else = Int $\frac{tempo_religacao}{60 \times 60 \times 24 \times 30}$ & "m" & Round $\left(\frac{tempo_religacao}{60 \times 60 \times 24 \times 30} - Int \frac{tempo_religacao}{60 \times 60 \times 24 \times 30} \right)$ × 30 & "d"		
	3: Acao = "DISP PROT"		
	4: TipoProtecao = Trim(Mid(input1.EVDESC; 60; 25))		
tab:Q13TAlarmesCompostoReligacoes			

Tabela 3.24: Q_13_T_AlarmesCompostos_Religacoes

query 17 Q_13_T_AlarmesCompostos_Religacoes *query adds to table*

input:

- 1: *T_DJEST_LIG_disparos*
- 2: *Q_08_DJEST_LIG_mais_recente*
- 3: *Q_08A_DJEST_LIG_anterior*
- 4: *Q_11_Religacoes_NOK*

associations:

- 1: $\boxed{\text{input1.TAGTIME}} = \boxed{\text{input2.TAGTIME}}$
- 2: $\boxed{\text{input1.STTAGMS}} = \boxed{\text{input2.STTAGMS}}$
- 3: $\boxed{\text{input1.TAGHLI}} = \boxed{\text{input2.TAGHLI}}$
- 4: $\boxed{\text{input1.INS_COUNT_mais_recente}} = \boxed{\text{input2.INS_COUNT}}$
- 5: $\boxed{\text{input1.INS_COUNT_min}} \rightarrow \boxed{\text{input3.INS_COUNT_DESL_ant}}$
- 6: $\boxed{\text{input1.INS_COUNT_min}} \rightarrow \boxed{\text{input3.INS_COUNT_DESL_ant}}$

output: *T_AlarmesCompostos*

new fields:

- 1: *DataRTU*
= input1.TAGTIME & "." & input1.STTAGMS
- 2: *Duração*
if *tempo_religacao* < 1
 = *tempo_religacao* × 1000 & "ms"
elseif *tempo_religacao* < 1 × 60
 = **Int** *tempo_religacao* & "s" & **Round** (*tempo_religacao* – **Int** *tempo_religacao*) × 1000 & "ms"
elseif *tempo_religacao* < 1 × 60 × 60
 = **Int** $\frac{\text{tempo_religacao}}{60}$ & "min" & **Round** $\left(\frac{\text{tempo_religacao}}{60} - \text{Int} \frac{\text{tempo_religacao}}{60} \right)$ × 60 & "s"
elseif *tempo_religacao* < 1 × 60 × 60 × 24
 = **Int** $\frac{\text{tempo_religacao}}{60 \times 60}$ & "h" & **Round** $\left(\frac{\text{tempo_religacao}}{60 \times 60} - \text{Int} \frac{\text{tempo_religacao}}{60 \times 60} \right)$ × 60 & "min"
elseif *tempo_religacao* < 1 × 60 × 60 × 24 × 30
 = **Int** $\frac{\text{tempo_religacao}}{60 \times 60 \times 24}$ & "d" & **Round** $\left(\frac{\text{tempo_religacao}}{60 \times 60 \times 24} - \text{Int} \frac{\text{tempo_religacao}}{60 \times 60 \times 24} \right)$ × 24 & "h"
else
 = **Int** $\frac{\text{tempo_religacao}}{60 \times 60 \times 24 \times 30}$ & "m" & **Round** $\left(\frac{\text{tempo_religacao}}{60 \times 60 \times 24 \times 30} - \text{Int} \frac{\text{tempo_religacao}}{60 \times 60 \times 24 \times 30} \right)$ × 30 & "d"
- 3: *Acao*
if *tempo_religacao* < 35
 = "RELIG AUTO"
else
 = "RELIG MANUAL"
- 4: *TipoReligacao_OK_NOK*
if *tempo_religacao* < 0,6
 = "RR" & input4.OK_NOK
elseif *tempo_religacao* < 35
 = "RL" & input4.OK_NOK
else
 = "RM" & input4.OK_NOK

process: **WHERE**
input3.INS_COUNT_DESL_ant Is Not Null

De notar que, para além de se ter adulterado um ou outro campo específico em cada tabela, é visível que houve algumas manipulações idênticas em ambas. Falar-se-á primeiro destas. No entanto, apesar de não ser visível nestas *queries*, outras pequenas manipulações comuns a determinados campos foram efetuadas, e, devido ao seu destaque na apresentação final, optou-se pela sua explicação. Contudo, a escolha de não colocar estas manipulações mencionadas em 3.23 e 3.24, apenas esteve relacionada com o facto de não se querer prolongar mais os seus tamanhos e, como tal, por critérios de importância maior, decidiu-se apenas apresentar aqueles que se encontram nelas expostos.

Posto isto, em primeiro lugar, criou-se um campo que agrupa as duas informações temporais relativas à datação real do evento, formando assim um par do género *dd/MM/yyyy hh:mm:ss.SSS*, mais inteligível portanto. Por outro lado, em segundo lugar, renomeou-se o campo *EV-DATE* já conhecido, para *DataSistema*. Em terceiro lugar, foi feita uma partição da coluna *EV-DESC*. Esta foi dividida em três dos quatro campos que constituem a *string*, incluindo portanto dois campos num só, como pode ser verificado na analogia das tabelas 3.25 e 3.27 aos exemplos 3.26 e 3.28.

Tabela 3.25: Divisão do descritivo de um disparo

<i>Subestacao</i>
<i>Trim(Mid(EVDESC;9;25))</i>
<i>Painel</i>
<i>Trim(Mid(EVDESC;33;24))</i>
<i>Estado</i>
<i>Trim(Mid(EVDESC;60;4)) & Trim(Mid(EVDESC;86;4))</i>

Tabela 3.26: Q_11_Religacoes_NOK

<i>EVDESC</i>			
SE ALJUSTREL	BJ15-35 ALBERNOA	DISJUNTOR	DESLIGADO
<i>Subestacao</i>	<i>Painel</i>	<i>Estado</i>	
SE ALJUSTREL	BJ15-35 ALBERNOA	DISJ DESL	

Tabela 3.27: Divisão do descritivo de uma religação

<i>Subestacao</i>
<i>Trim(Mid(EVDESC; 9; 25))</i>
<i>Painel</i>
<i>Trim(Mid(EVDESC; 33; 24))</i>
<i>Estado</i>
<i>Trim(Mid(EVDESC; 60; 4)) & Trim(Mid(EVDESC; 86; 3))</i>

Tabela 3.28: Q_11_Religacoes_NOK

EVDESC			
SE ALJUSTREL	BJ15-35 ALBERNOA	DISJUNTOR	LIGADO
Subestacao	Painel	Estado	
SE ALJUSTREL	BJ15-35 ALBERNOA	DISJ LIG	

Repare-se aqui, que as funções de corte de *strings* para disparos e religações diferem no campo *Estado*. Isto acontece, porque as abreviaturas de *LIGADO* e *DESLIGADO* diferem em um carater. Deste modo, e com vista a um melhor entendimento, procedeu-se à apresentação em 3.26 e 3.28 de dois exemplos já com o respetivo descritivo dividido, um disparo e um religação respetivamente.

De realçar, que o corte da *string EVDESC* é feito através da função *Mid* que, recebendo como atributos dois números e uma *string*, corta tudo o que se encontra entre o caratere de ordem igual ao primeiro número dos atributos e os próximos *x* carateres, correspondentes ao segundo número dos respetivos atributos. Por outro lado, como se está a cortar *strings* constituídas por vários campos e cada campo detém o seu próprio tamanho, sabe-se, que ao cortar um campo de uma determinada *string EVDESC* poderá estar a cortar-se, além do que interessa, espaços em branco, a menos que, o que interessar ocupe o total dos carateres definidos no segundo número dos atributos da função *Mid*. Este excesso de espaços pode tornar-se um problema grave quando o novo campo, resultante do corte, for, por exemplo, chamado a uma condição. Pois, ao se dizer se determinado campo for igual a uma dada *string* específica e a *string* alvo de comparação contiver espaços em branco, a condição nunca singrará. Para tal, é extremamente necessário que ambas as *strings* sejam totalmente idênticas. Assim, de modo a eliminar os espaços presentes, e depois de executada a função *Mid*, correu-se a função *Trim* que tem como intuito principal a supressão dos mesmos espaços.

Desta forma, realizada a divisão do campo relativo à descrição do disparo ou da religação, a quarta e última manipulação comum a ambas as *queries* foi a criação do campo *Duração*. Este campo apenas trata a informação dos campos *tempo_defeito* e *tempo_religação*, conferindo-lhes uma apresentação mais cuidada e legível. Assim, o seu objetivo é transformar *x* segundos num formato do género yhzmin. Para isso, apoderando-se do valor *x*, o algoritmo, presente em ambas

as *queries* 3.23 e 3.24, escolhe, consoante a grandeza do seu valor, que transformações deve fazer por forma a obter o *output* também ele o mais nítido e claro possível. Ver-se-á mais à frente alguns exemplos na tabela T_AlarmesCompostos.

No que concerne a manipulações somente em 3.23, destacam-se dois. O primeiro, denominado de *Acao*, será sempre preenchido com a *string DISP PROT*, abreviatura de disparo de proteção. Por mais simples que seja, pensou-se neste campo porque, se houve um disparo, é porque alguma proteção o ordenou e, como tal, achou-se pertinente a sua presença. Por último, o campo *Tipo-Protecao* vem completar o anterior, mencionando, como o próprio nome diz, o tipo de proteção arrancada. Para isso, recorreu-se mais uma vez às funções *Trim* e *Mid*.

Relativamente às manipulações efetuadas somente em 3.24, é de ressaltar a existência do campo *TipoReligacao_OK_NOK* que, consoante um dado *tempo_religacao* determina se uma dada religação foi rápida, lenta ou manual. Contudo, antes, permita-se o seguinte preâmbulo sobre religações. Sabe-se que, aquando de um disparo, o disjuntor, através de automatismos, isto é, religações rápidas e lentas, tenta voltar à sua posição normal.³ Todavia, caso o disjuntor não recupere automaticamente o seu estado normal de funcionamento, ou seja, depois de realizado todo o ciclo que lhe fora impingido, é sinal que, além do defeito continuar presente, ou haver uma deficiência intrínseca ao disjuntor, só através de religações manuais é que tornará a haver alterações no estado de funcionamento do disjuntor.

Assim, e acompanhando esta linha de pensamento, definiram-se como intervalos de tempos máximos de ocorrência dos três tipos de religação, os presentes na tabela 3.29.

Tabela 3.29: Tempos definidos para os três tipos de religação diferentes

Religação Rápida	Religação Lenta	Religação Manual
$0 \leq RR < 0,6$	$0,6 \leq RL < 35$	$RM \geq 35$

Os valores definidos não mereceram muita atenção, visto que se adotaram os que maioritariamente são usados nos ciclos de religação da EDI.

A par disso, ainda acrescenta, a seguir à sigla que indica o tipo de religação, a *string OK* ou *NOK*, oriunda do resultado da *query* 3.22, mais concretamente do campo *OK_NOK*. Isto acontece pois, se se reparar na estrutura das associações de 3.24, foi realizado um *LEFT JOIN* entre o resultado de T_D_LIG_DISPAROS e a *query* 3.22. Assim, obtiveram-se os mesmos registos de T_D_LIG_DISPAROS acrescidos do campo *OK_NOK*. No entanto, a este novo campo não lhe será destinada uma nova coluna independente, mas sim, como já foi explicado, a função de completar outra já existente, a *TipoReligacao_OK_NOK*. A última manipulação específica aqui efetuada é análoga ao campo *Acao*, já criado na *query* 3.23, no entanto, ao invés de informar o operador de um disparo de proteção, como causa dos disparos, neste caso visa indicar sobre o tipo de religação que foi realizada. É certo que o campo já existente *TipoReligacao_OK_NOK* também

³Em nota de curiosidade, existem várias configurações de ciclos que podem ser empregues ao disjuntor para que este retorne a normalidade, porém a mais comum é um ciclo de duas religações rápidas e uma lenta.

faz esse papel, mas como se irá perceber a seguir tem que haver correspondência entre cada campo resultante de 3.23 e 3.24.

Assim, finalizadas todas as explicações, resta apenas um comentário final. Como já foi referido e pode ser visível, estas duas tabelas possuem o mesmo *output*, a tabela T_AlarmesCompostos. Isto quer dizer que ambos os resultados vão ser enviados para a mesma tabela. Contudo, para que isso aconteça na perfeição, repetindo o que já foi dito anteriormente, é necessário garantir que os campos de destino dos registos que vão ser enviados sejam iguais em ambas as tabelas, de modo a assegurar coerência lógica no resultado da tabela final. Esta relação entre os campos de origem e o seu respetivo destino está apresentada em 3.30.

Tabela 3.30: T_AlarmesCompostos_campus

3.23		T_AlarmesCompostos		3.24
<i>DataRTU</i>	→	<i>Data da RTU</i>	←	<i>DataRTU</i>
<i>DataSistema</i>	→	<i>Data do Sistema</i>	←	<i>DataSistema</i>
<i>Subestacao</i>	→	<i>Subestação</i>	←	<i>Subestacao</i>
<i>Painel</i>	→	<i>Painel</i>	←	<i>Painel</i>
<i>Estado</i>	→	<i>Estado</i>	←	<i>Estado</i>
<i>tempo_defeito</i>	→	<i>Duração</i>	←	<i>tempo_religacao</i>
<i>Acao</i>	→	<i>Ação</i>	←	<i>Acao</i>
<i>TipoProtecao</i>	→	<i>Tipo</i>	←	<i>TipoReligacao_OK_NOK</i>

Posto tudo isto, executaram-se as duas *queries* mencionadas. Todavia, de modo a se obterem pares consecutivos de disparos e religações, ordenados temporalmente, foi impingido à tabela a sua ordenação por *ID*. Assim, surgiu a tabela T_Alarmes_Compostos onde os primeiros dois pares *Disparo – Religação* surgem na tabela 3.31 apresentados.

Tabela 3.31: T_AlarmesCompostos

ID	Data do Sistema	Data da RTU	...
1	18/01/2013 16:00:13	18/01/2013 16:00:11.270	...
1	18/01/2013 16:00:37	18/01/2013 16:00:33.390	...
2	18/01/2013 16:07:27	18/01/2013 16:00:25.925	...
2	18/01/2013 16:07:27	18/01/2013 16:07:26.557	...
...
Subestação	Painel	Estado	...
SE OVAR	2FURADOU	DISJ DESL	...
SE OVAR	2FURADOU	DISJ LIG	...
SE ALJUSTREL	BJ15-35 ALBERNOA	DISJ DESL	...
SE ALJUSTREL	BJ15-35 ALBERNOA	DISJ LIG	...
...
Duração	Ação	Tipo	
530ms	DISP PROT	MAX Io INST	
22s120ms	RELIG AUTO	RL OK	
80ms	DISP PROT	MAX Io>INST	
630ms	RELIG AUTO	RL OK	
...	

Como se pode observar em 3.31, ao ordenar a tabela desta forma, obteve-se, a olho nu, pares consecutivos de disparos e religações. Isto aconteceu porque, como já foi devidamente explicado, cada disparo tem associado uma e uma só religação e ambos detêm o mesmo *ID*. Assim, como os disparos foram automaticamente numerados de forma crescente, consoante a sua chegada à tabela T_Disparos, 3.14, e estes últimos forem também lançados por ordem de acontecimento, gerou-se uma tabela de alarmes compostos, que, como era natural e desejado, surgiu bem ordenada temporalmente.

Como último passo do algoritmo principal desenvolveram-se três *queries*, ??, 3.33, 3.34. Estas *queries* seguem o mesmo raciocínio de algumas etapas realizadas anteriormente. Um exemplo prático foi a determinação da proteção *causa-mãe*, presente em 3.12.

Em 3.32, pretende-se saber, juntando o output de 3.21 e a tabela T_Eventos, associando-as pelo *TAG1*, que eventos com *LOGTYPE* igual a um, isto é, que não originaram alarme, ver 2.11, ocorreram após cada evento escondido. Enquanto a condição relativa ao *STYPE* obriga a que sejam mostrados só eventos digitais, a imposição de valor um ao campo *LOGTYPE* força a que sejam apresentados os eventos que não originaram alarme, pois, como era de esperar, normalizações não geram alerta ao operador. Já a associação por *TAG1* é fundamental, na medida em que se pretende ver a normalização de uma dada proteção em específico. Daí se ter usado a codificação do descritivo por completo, e não por exemplo a *TAGHL1*, que tem sido habitual até ao momento. Ver novamente a tabela 3.3.

Tabela 3.32: Q_18_T_AlarmesEscondidos_normalizados

<i>query</i>	18	Q_18_T_AlarmesEscondidos_normalizados <i>query create table</i>
<i>input:</i>	1: <i>T_Eventos</i> 2: <i>T_EventosEscondidos</i>	
	associations: 1: $\boxed{\text{input1.TAG}} = \boxed{\text{input2.TAG}}$	
<i>output:</i>	<i>T_AlarmesEscondidos_normalizados</i>	
<i>process:</i>	WHERE input1.LOGTYPE = 1 AND input1.STYPE = 5 AND $\text{input1.TAGTIME} + \frac{\text{input1.STTAGMS}}{1000 \times 60 \times 60 \times 24} > \text{input2.TAGTIME} + \frac{\text{input2.STTAGMS}}{1000 \times 60 \times 60 \times 24}$	

Por outro lado, em 3.33, depois de se ter obtido, para um mesmo equipamento, todas as normalizações ocorridas após cada evento escondido, deseja-se encontrar agora, para cada um dos eventos escondidos, a normalização correspondente mais antiga, ou, por outras palavras, a que ocorreu imediatamente a seguir ao arranque da proteção. Isto foi determinado com recurso ao agrupamento de cada alarme escondido, escolhendo a normalização associada com o menor valor de *INS_COUNT*.

Tabela 3.33: Q_19_proxima_normalizacao_AlarmeEscondido

<i>query</i>	19	Q_19_proxima_normalizacao_AlarmeEscondido <i>query</i>
<i>input:</i>	1: <i>T_AlarmesEscondidos_normalizados</i>	
<i>output:</i>	<i>none</i>	
	new fields: 1: <i>proxima_normalizacao_INS_COUNT_</i> <i>Min input1.INS_COUNT</i>	

Agora, sabendo todas as normalizações dos eventos escondidos, e conhecendo o *ID* do alarme composto associado, é altura de colocar numa tabela cada disparo detalhado e todas as proteções atuadas, também devidamente identificadas. Para isso, em 3.34, juntaram-se três *inputs* e associaram-se, em primeiro lugar, a tabela *T_Eventos* à *query* 3.33 através dos valores de *INS_COUNT*, de forma a absorver todos os detalhes da normalização imediatamente seguinte à atuação da proteção. Em segundo e último lugar, uniram-se as tabelas *T_Disparos* e 3.33 pelo campo *ID*, desta vez de modo a obter os detalhes dos disparos associados aos eventos escondidos. De notar que foi impingido que o campo *input1.TAG1* contivesse a *string PR*, de modo a garantir a só aparição de proteções no *output*, como era desejado.

Tabela 3.34: Q_20_T_tempos_normalizacao_AlarmesEscondidos

<i>query</i>	20	Q_20_T_tempos_normalizacao_AlarmesEscondidos	<i>query create table</i>
<i>input:</i>	1:	<i>T_Eventos</i>	
	2:	<i>T_Disparos</i>	
	3:	<i>Q_19_proxima_normalizacao_AlarmeEscondido</i>	
	associations:		
	1:	$\boxed{\text{input1.INS_COUNT}}$	$= \boxed{\text{input3.proxima_normalizacao_INS_COUNT}}$
	2:	$\boxed{\text{input2.ID}}$	$= \boxed{\text{input3.ID}}$
<i>output:</i>		<i>T_tempos_normalizacao_AlarmesEscondidos</i>	
	new fields:		
	1:	<i>tempo_normalizacao</i>	
			$= \left(\text{input1.TAGTIME} + \frac{\text{input1.STTAGMS}}{1000 \times 60 \times 60 \times 24} - \text{input2.TAGTIME} - \frac{\text{input2.STTAGMS}}{1000 \times 60 \times 60 \times 24} \right) \times 24 \times 60 \times 60$
	2:	Δt parameterizado	
		if <i>tempo_normalizacao</i> < 0	
		= "OK(< 0s)"	
		elseif <i>tempo_normalizacao</i> < 1 × 5	
		= "OK(< 5s)"	
		elseif <i>tempo_normalizacao</i> < 3 × 60	
		= "OK(< 3min)"	
		elseif <i>tempo_normalizacao</i> < 1 × 60 × 60	
		= "OK(< 1h)"	
		else	
		= "OK(> 1h)"	
<i>process:</i>		WHERE	
			<i>input1.EVDESC Like ?????????PR???</i>

Executada a *query* 3.34, obter-se-á uma tabela em que no lado esquerdo estarão presentes todos os disparos, e no lado direito todas as proteções a eles associados. Uma amostra desta última, nomeadamente de todas as proteções associadas ao primeiro disparo do *GONG*, podem ser observadas em 3.35.

Tabela 3.35: T_AlarmesEscondidos_temposnormalizacao

ID	Disp_TAGTIME	Disp_STTAGMS	...
1	18/01/2013 16:00:11	270	...
1	18/01/2013 16:00:11	270	...
1	18/01/2013 16:07:11	270	...
1	18/01/2013 16:07:11	270	...
...
Prot_EVDATE	Prot_TAGTIME	Prot_STTAGMS	...
18/01/2013 16:00:13	18/01/2013 16:00:11	300	...
18/01/2013 16:00:17	18/01/2013 16:00:11	300	...
18/01/2013 16:00:17	18/01/2013 16:00:11	300	...
18/01/2013 16:00:17	18/01/2013 16:00:11	340	...
...
Prot_EVDESC	...		
SE OVAR 2FURADOU MAX Io TEMP NORMAL	...		
SE OVAR 2FURADOU MAX Io INST NORMAL	...		
SE OVAR 2FURADOU MAX FASE INST NORMAL	...		
SE OVAR 2FURADOU PROT TERRAS RESIST INST NORMAL	...		
...	...		
TAGI	Tipo	tempo_normalização	tempo_parametrizado
ASOVAR2204-PRHD-	PR	0,03	OK(< 5s)
ASOVAR2204-PRHA-	PR	0,03	OK(< 5s)
ASOVAR2204-PRIIA	PR	0,03	OK(< 5s)
ASOVAR2204-PRETA	PR	0,07	OK(< 5s)
...

Por fim, como pode ser observado em 3.35, e de forma a ir de encontro ao que vai ser dito no parágrafo a seguir, ainda foi criado um campo denominado de *tempo_normalização*. Este campo tem como função principal calcular o tempo decorrido, para cada proteção ou evento escondido, entre o disparo do disjuntor e a normalização da proteção que o ordenou disparar. A sua avaliação, como já foi mencionado anteriormente, é primordial para um bom desfecho da dissertação, e encontrar-se-á apresentada em 5. Através deste campo foi também criado o campo $\Delta t_{parameterizado}$, que, como o próprio nome indica, parametriza em níveis os tempos de normalização calculados.

Foi uma etapa muito importante, na medida em que foi totalmente de encontro ao título da dissertação, porque o impacto da aplicação de alarmes inteligentes no SCADA da EDIS pressupõe, à priori, a ocultação de eventos ao operador de rede, e, como tal, é de extrema prioridade verificar, quando o disjuntor religa, se todas as proteções atuadas que estavam associadas ao seu disparo normalizaram. Pois, caso não tivessem normalizado, e o disjuntor continuasse ligado, era sinal que o defeito ainda estava presente e esconder essa não normalização ao operador não seria

de todo, exequível. Assim, de forma a se saber se o presente algoritmo é passível de poder ser implementado, fez-se uma simulação, em 3.3, de modo a conhecer, em todo o *GONG*, se a relação entre o número de proteções não normalizadas e o número de proteções regularizadas era praticamente nula, de forma a garantir a fiabilidade do algoritmo. Contudo, os resultados obtidos encontram-se-ão apenas no capítulo 4, apresentado mais à frente. Como curiosidade, ainda se pensou numa forma de alertar o operador, através do alarme composto, caso houvesse uma proteção ou evento escondido associado que, durante o período de simulação, não normalizasse. Ver-se-á também mais à frente.

Por fim, de modo a concluir o algoritmo na sua íntegra, e e uma grande percentagem deste capítulo, resta criar uma *macro* que executa todas estas etapas, isto é, que corre todas estas *queries* de forma bem ordenada, ou, por outras palavras, consoante o seu aparecimento durante a explicação do algoritmo, 3.37. De realçar que, de modo a não se registar problemas na execução da *macro* anterior, criaram-se mais duas *macros*. A primeira, 3.36, certifica-se de que todas as tabelas do tipo *add to table* ficam vazias, limpando todos os seus registos. Isto é fulcral acontecer pois, como estas tabelas, quando executadas, não criam uma tabela substituindo a anterior, ao contrário das *create table*, adicionando apenas dados novos ao invés, gerarão problemas graves sobretudo quando o seu resultado for chamado a efetuar associações. A segunda *macro*, apresentada em 3.38, é muito simples e limita-se à execução, por uma determinada ordem, de ambas as *macros* descritas anteriormente. Primeiro executa a limpeza, depois corre todas as *queries* necessárias de modo a atingir os alarmes compostos.

Tabela 3.36: M_01_processing_1_clean

<i>macro</i> 1	M_01_processing_1_clean
1:	<i>opentable</i> <i>T_Disparos</i> ;
2:	<i>select all</i> ;
3:	<i>delete</i> ;
4:	<i>closetable</i> <i>T_Disparos</i> ;
5:	<i>opentable</i> <i>T_AlarmesCompostos</i> ;
6:	<i>select all</i> ;
7:	<i>delete</i> ;
8:	<i>closetable</i> <i>T_AlarmesCompostos</i> ;

Tabela 3.37: M_02_processing_2

<i>macro</i> 2	M_02_processing_2
1:	openquery Q_01_T_Eventos 3.5 ;
2:	closequery Q_01_T_Eventos;
3:	openquery Q_02_T_DJEST_DESL 3.6 ;
4:	closequery Q_02_T_DJEST_DESL;
5:	openquery Q_02_A_T_DJEST_DESL+DESL_ANTERIOR 3.7 ;
6:	closequery Q_02_A_T_DJEST_DESL+DESL_ANTERIOR;
7:	openquery Q_02_C_T_DJEST_DESL+DESL_ANTERIOR 3.9 ;
8:	closequery Q_02_C_T_DJEST_DESL+DESL_ANTERIOR;
9:	openquery Q_03_T_DJEST_DESL_PR 3.11 ;
10:	closequery Q_03_T_DJEST_DESL_PR;
11:	openquery Q_05_T_Disparos 3.13 ;
12:	closequery Q_05_T_Disparos;
13:	openquery Q_06_T_DJEST_LIG 3.15 ;
14:	closequery Q_06_T_DJEST_LIG;
15:	openquery Q_07_T_DJEST_LIG_Religacoes 3.16 ;
16:	closequery Q_07_T_DJEST_LIG_Religacoes;
17:	openquery Q_09_T_Religacoes 3.19 ;
18:	closequery Q_09_T_Religacoes;
19:	openquery Q_10_T_AlarmesEscondidos 3.21 ;
20:	closequery Q_10_T_AlarmesEscondidos;
21:	openquery Q_12_T_AlarmesCompostos_Disparos 3.23 ;
22:	closequery Q_12_T_AlarmesCompostos_Disparos;
23:	openquery Q_13_T_AlarmesCompostos_Religacoes 3.24 ;
24:	closequery Q_13_T_AlarmesCompostos_Religacoes;
25:	openquery Q_18_T_AlarmesEscondidos_normalizados 3.32 ;
26:	closequery Q_18_T_AlarmesEscondidos_normalizados;
27:	openquery Q_20_T_tempos_normalizacao_AlarmesEscondidos 3.34 ;
28:	closequery Q_20_T_tempos_normalizacao_AlarmesEscondidos;

Tabela 3.38: M_03_processing

<i>macro</i> 3	M_03_processing
1:	runmacro M_01_processing_1_clean;
2:	runmacro M_02_processing_2;

3.2 Design e layout da interface gráfica

Nesta secção apresentar-se-á a interface gráfica da aplicação, nomeadamente os seus *dashboards*, acompanhadas das suas funcionalidades e métricas associadas. Não era objetivo inicial, mas achou-se por bem apresentar os resultados devidamente tratados, pois através de uma tabela não teria o mesmo impacto visual e estatístico. Contudo, esta secção apenas pretende mostrar as componentes gráficas, não sendo objetivo, para já, mostrar qualquer resultado associado ao caso de estudo. Estes, como será expectável, surgirão no capítulo 4, dos resultados. Assim, tirando partido das funcionalidades do *Microsoft Access*, onde já decorria a implementação das *queries* através de SQL, realizou-se uma aplicação algo complexa. De notar que toda a parte de interligação entre formulários ou ecrãs foi feita através de botões, por sua vez programados com recurso ao *Visual Basic*.

Assim, primeiramente, começou-se por criar o *layout* da aplicação, que embora não tendo à priori requisitos bem traçados, pretendia-se que fosse intuitiva e algo minimalista. Escolheram-se, como cores primárias, o cinzento e o branco. Ainda se estabeleceu, antes de se pretender exibir o *menu* da aplicação, figura 3.4, duas prioridades. A primeira era haver um formulário que fizesse o papel de carta de apresentação da aplicação, e informasse em que âmbito foi realizada, figura 3.1. Por outro lado, a segunda era realizar um formulário de *login* e *password*, visto se poderem tratar de potenciais dados confidenciais, figura 3.3.

The screenshot shows a web application window titled "FormINICIAL". The main heading is "Alarmes Inteligentes". In the top right corner, there are logos for "U.PORTO" (Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto) and "edp distribuição". Below the heading, there is a horizontal navigation bar with five tabs: "Projeto", "Objetivos", "Estratégia", "Motivação e Enquadramento", and "Equipa". The "Estratégia" tab is currently selected. The main content area is a large, empty white rectangle. At the bottom of the window, there are two buttons: "Continuar" and "Fechar". Below these buttons is a footer area containing a "Registo:" label, a list of items (currently showing "1 de 1"), a "Sem Filtro" label, and a "Procurar" search box.

Figura 3.1: Formulário da Aplicação

Na figura 3.1, já mencionada, são visíveis os seis separadores que compõem o formulário, a par dos logótipos das duas entidades envolvidas no projeto. De notar que o corpo de texto presente em cada um dos separadores é, de um modo geral, aquele que já fora apresentado no capítulo 1, daí não merecer a sua exposição.

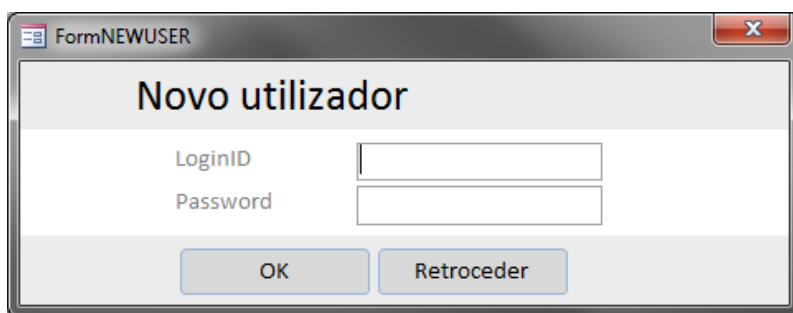
A screenshot of a Windows-style window titled 'FormNEWUSER'. The window has a title bar with a minimize button, a maximize button, and a close button. The main content area has a header 'Novo utilizador' in a large, bold, black font. Below the header, there are two labels, 'LoginID' and 'Password', each followed by a text input field. At the bottom of the window, there are two buttons: 'OK' and 'Retroceder'.

Figura 3.2: Formulário de Novo Utilizador

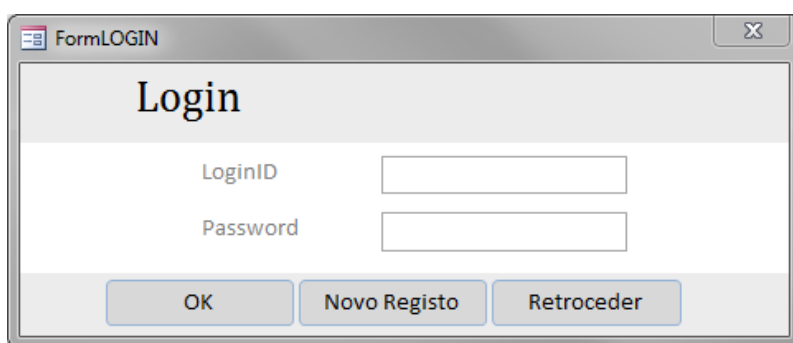
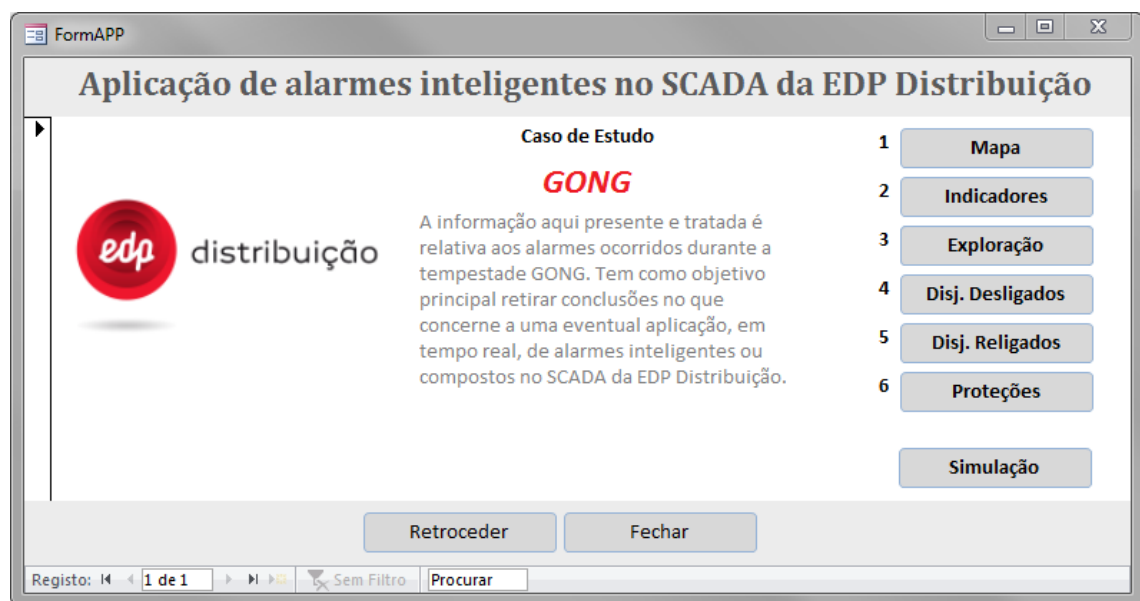
A screenshot of a Windows-style window titled 'FormLOGIN'. The window has a title bar with a minimize button, a maximize button, and a close button. The main content area has a header 'Login' in a large, bold, black font. Below the header, there are two labels, 'LoginID' and 'Password', each followed by a text input field. At the bottom of the window, there are three buttons: 'OK', 'Novo Registo', and 'Retroceder'.

Figura 3.3: Formulário de Login

Como pôde ser observado na figura 3.2, a introdução de novos utilizadores também é possível, como seria natural e expectável.

Efeutado o *login* com sucesso, o utilizador verá o ecrã principal da aplicação gráfica, o *Menu*.

Figura 3.4: Formulário do *Menu*

Agora, o ecrã *Menu* dará origem à possibilidade de consulta de mais seis vistas gráficas independentes:

1. Ecrã Mapa [3.2.1](#);
2. Ecrã Indicadores [3.2.2](#);
3. Ecrã Exploração de Alarmes [3.2.3](#);
4. Ecrã Disjuntores Desligados [3.2.4](#);
5. Ecrã Disjuntores Religados [3.2.5](#);
6. Ecrã Proteções [3.2.6](#).

3.2.1 Ecrã Mapa

A primeira denominou-se de *Mapa* e está ilustrada na figura 3.5.

Figura 3.5: Formulário do Mapa

O ecrã *Mapa* tem como principal objetivo conferir ao utilizador uma visão rápida sobre o estado da monitorização do historial de eventos colocados no *input1* da *query* inicial, já apresentada em 3.5. Aqui, o utilizador terá uma perceção gráfica, por distrito, daquilo que foram os disparos, religações, tempos médios de proteção e de religação, em todo o leque temporal correspondente ao registo histórico inserido. Contudo, de modo a que os respetivos dados relativos a um determinado distrito surjam no ecrã, é necessário o clique no respetivo bloco retangular a ele associado. Depois de se ter efetuado o clique, o campo *Distrito em análise* também se preencherá com a *string* relativa ao distrito em exploração.

Como é visível no lado esquerdo do mapa, onde se encontra apresentada a legenda, existem três cores possíveis para cada região:

- Verde: Caso o distrito, durante o período temporal associado ao registo histórico, tenha sido alvo de menos de quinhentos disparos.
- Amarelo: Caso o distrito, durante o período temporal associado ao registo histórico, tenha sido alvo de mais de quinhentos e menos de mil disparos.

- Vermelho: Caso o distrito, durante o período temporal associado ao registo histórico, tenha sido alvo de mais de mil disparos.

A coloração surge movendo o cursor sobre os respetivos blocos respeitantes aos distritos. No que concerne ao campo *Resumo p/ Distrito*, este calcula a diferença entre as aberturas ou disparos e religações ou fechos e apresenta o módulo do resultado. No entanto, caso a diferença seja negativa acresce ao resultado anterior a *string por abrir*. Pelo contrário, caso a diferença seja positiva é sinal que o número de disparos foi superior ao número de religações e aí, ao invés, acrescentará à diferença obtida a *string por fechar*.

Por fim, pressionando os botões *# Aberturas p/ Distrito* ou *# Fechos p/ Distrito*, abre-se uma janela com o gráfico relativo ao número de disparos, ou religações, dependente do botão pressionado, ocorridos em cada distrito.

3.2.2 Ecrã Indicadores

A segunda vista gráfica, apelidada de *Indicadores*, visa, como o próprio nome indica, fornecer métricas globais. Esta encontra-se ilustrada na figura 3.6.

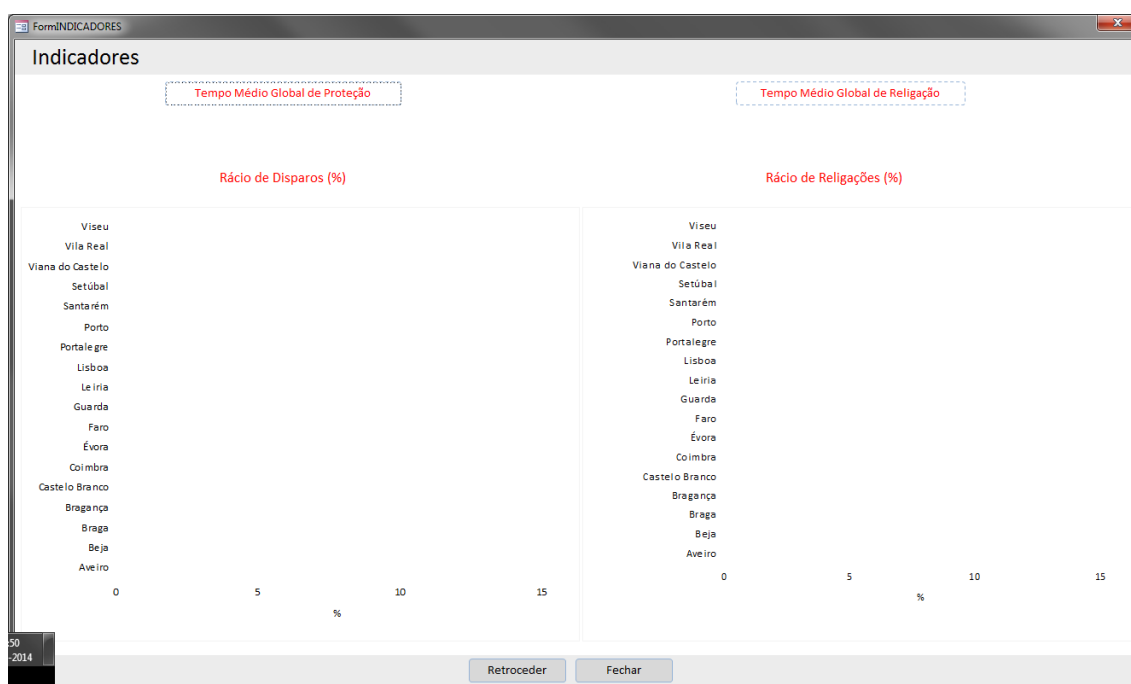


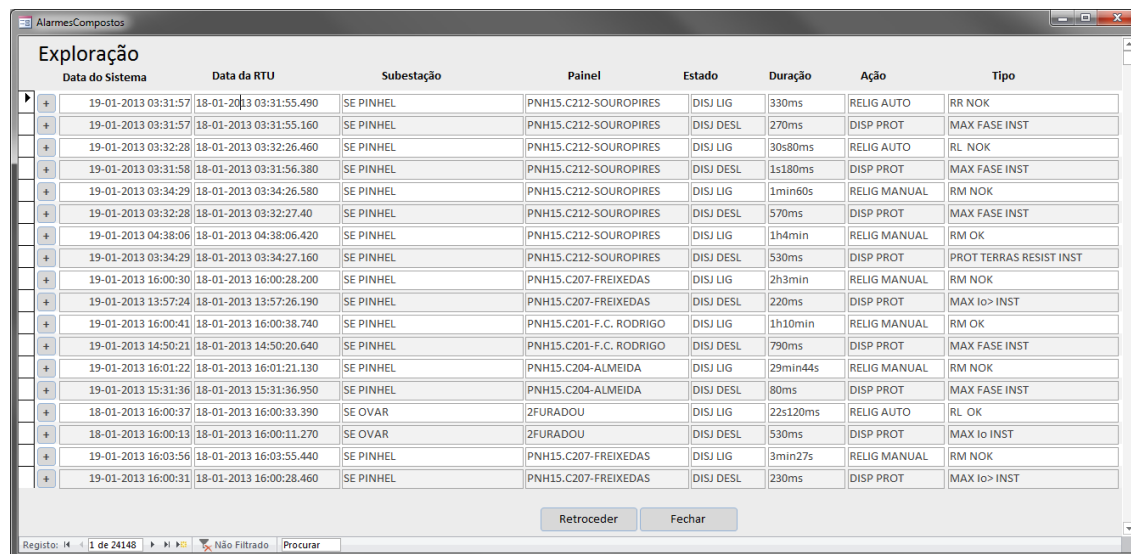
Figura 3.6: Formulário de Indicadores

Este ecrã visa fornecer métricas globais sobre os acontecimentos históricos. Exemplo disso são os campos *Tempo Médio Global de Proteção*, *Tempo Médio Global de Religação* e os componentes gráficos do rácio de disparos e religações. O rácio, naturalmente, é uma percentagem que brota da razão entre o número de disparos ou religações de uma dado distrito e o total de disparos ou religações do país. Como seria de esperar, a soma de todas as percentagens faz a unidade. Esta

comparação entre distritos revelou-se interessante, na medida em que percecione ao utilizador uma maior atenção das regiões regiões mais afetadas. De realçar que para o preenchimento dos campos acima referidos, é necessário, mais uma vez, clicar nos botões para o efeito.

3.2.3 Ecrã Exploração de Alarmes

O terceiro ecrã disponibilizado no *menu* é o fruto do algoritmo desenvolvido e pretende apresentar os alarmes compostos criados. Este formulário apresenta-se ilustrado na figura 3.7.



Exploração							
Data do Sistema	Data da RTU	Subestação	Painel	Estado	Duração	Ação	Tipo
19-01-2013 03:31:57	18-01-2013 03:31:55.490	SE PINHEL	PNH15.C212-SOUROPIRES	DISJ LIG	330ms	RELIG AUTO	RR NOK
19-01-2013 03:31:57	18-01-2013 03:31:55.160	SE PINHEL	PNH15.C212-SOUROPIRES	DISJ DESL	270ms	DISP PROT	MAX FASE INST
19-01-2013 03:32:28	18-01-2013 03:32:26.460	SE PINHEL	PNH15.C212-SOUROPIRES	DISJ LIG	30s80ms	RELIG AUTO	RL NOK
19-01-2013 03:31:58	18-01-2013 03:31:56.380	SE PINHEL	PNH15.C212-SOUROPIRES	DISJ DESL	1s180ms	DISP PROT	MAX FASE INST
19-01-2013 03:34:29	18-01-2013 03:34:26.580	SE PINHEL	PNH15.C212-SOUROPIRES	DISJ LIG	1min60s	RELIG MANUAL	RM NOK
19-01-2013 03:32:28	18-01-2013 03:32:27.40	SE PINHEL	PNH15.C212-SOUROPIRES	DISJ DESL	570ms	DISP PROT	MAX FASE INST
19-01-2013 04:38:06	18-01-2013 04:38:06.420	SE PINHEL	PNH15.C212-SOUROPIRES	DISJ LIG	1h4min	RELIG MANUAL	RM OK
19-01-2013 03:34:29	18-01-2013 03:34:27.160	SE PINHEL	PNH15.C212-SOUROPIRES	DISJ DESL	530ms	DISP PROT	PROT TERRAS RESIST INST
19-01-2013 16:00:30	18-01-2013 16:00:28.200	SE PINHEL	PNH15.C207-FREIXEDAS	DISJ LIG	2h3min	RELIG MANUAL	RM NOK
19-01-2013 13:57:24	18-01-2013 13:57:26.190	SE PINHEL	PNH15.C207-FREIXEDAS	DISJ DESL	220ms	DISP PROT	MAX IO> INST
19-01-2013 16:00:41	18-01-2013 16:00:38.740	SE PINHEL	PNH15.C201-F.C. RODRIGO	DISJ LIG	1h10min	RELIG MANUAL	RM OK
19-01-2013 14:50:21	18-01-2013 14:50:20.640	SE PINHEL	PNH15.C201-F.C. RODRIGO	DISJ DESL	790ms	DISP PROT	MAX FASE INST
19-01-2013 16:01:22	18-01-2013 16:01:21.130	SE PINHEL	PNH15.C204-ALMEIDA	DISJ LIG	29min44s	RELIG MANUAL	RM NOK
19-01-2013 15:31:36	18-01-2013 15:31:36.950	SE PINHEL	PNH15.C204-ALMEIDA	DISJ DESL	80ms	DISP PROT	MAX FASE INST
18-01-2013 16:00:37	18-01-2013 16:00:33.390	SE OVAR	2FURADOU	DISJ LIG	22s120ms	RELIG AUTO	RL OK
18-01-2013 16:00:13	18-01-2013 16:00:11.270	SE OVAR	2FURADOU	DISJ DESL	530ms	DISP PROT	MAX IO INST
19-01-2013 16:03:56	18-01-2013 16:03:55.440	SE PINHEL	PNH15.C207-FREIXEDAS	DISJ LIG	3min27s	RELIG MANUAL	RM NOK
19-01-2013 16:00:31	18-01-2013 16:00:28.460	SE PINHEL	PNH15.C207-FREIXEDAS	DISJ DESL	230ms	DISP PROT	MAX IO> INST

Figura 3.7: Formulário de Exploração Alarmes

Como é visível na figura 3.7, este cenário tem como principal intuito permitir aos utilizadores a navegação sobre os alarmes compostos capturados. Esta navegação é realizada de um modo tabular, com a possibilidade de se verificar todos os alarmes por proteção que estiveram na origem dos alarmes principais.

Como se deve ter reparado, até agora, findada a secção 3.1, existia uma tabela com os alarmes compostos, a tabela 3.31 e uma tabela que, para cada *ID* de alarme composto, mostrava os eventos escondidos, T_AlarmesEscondidos. Porém, eram duas tabelas independentes com registos contínuos, revelando-se dessa forma pouco práticas e elegantes. Atente-se no seguinte exemplo. Imagine-se que o pretendido era verificar quais os alarmes escondidos do disparo de *ID* igual a *x*. O procedimento seria efetuar uma nova *query* sobre a tabela resultante da *query* 3.21, a tabela T_AlarmesEscondidos, restringindo o aparecimento apenas dos alarmes associados ao *ID* *x*. Seria aborrecido. Posto isto, pensou-se numa alternativa de, graficamente, a partir do formulário que contém a informação de 3.31, tabela aqui já mencionada, e que no fundo será o que vai ser visível ao operador, conseguir ver os eventos escondidos associados a cada alarme composto. Assim, decidiu-se criar um botão, discreto e pequeno, do lado esquerdo de cada registo ou alarme composto, contendo a *string* +, que se pressionado abre um formulário com um aspeto semelhante ao anterior, já ilustrado em 3.7, à exceção de algumas diferenças. Este formulário naturalmente

limita-se a apresentar, para o alarme composto clicado, todos os alarmes escondidos associados. A sua estrutura difere para o formulário anterior nos aspetos ilustrados na figura 3.8, nomeadamente no tipo de campos apresentados, como é observável.

Data do Sistema	Data da RTU	Subestação	Painel	Desc. Digital	TAG	Estado Entidade	Conceito Ativo	Normalização
19-01-2013 03:31:57	18-01-2013 03:31:55.540	SE PINHEL	PNH15.C212-SOUOPIRES	PROT TERRAS RESIST II	ISPNH-2212-PRETA	ARRANQUE	ALR PTR	<5s
19-01-2013 03:31:57	18-01-2013 03:31:55.610	SE PINHEL	PNH15.C212-SOUOPIRES	MAX I<0> INST	ISPNH-2212-PRHID	ARRANQUE	ALR MIH	Antes do disparo
19-01-2013 03:31:57	18-01-2013 03:31:55.610	SE PINHEL	PNH15.C212-SOUOPIRES	MAX I<0> INST	ISPNH-2212-PRHID	ARRANQUE	ALR MIH	Antes do disparo
19-01-2013 03:31:58	18-01-2013 03:31:55.940	SE PINHEL	PNH15.C212-SOUOPIRES	MAX I<0> INST	ISPNH-2212-PRHID	ARRANQUE	ALR MIH	Antes do disparo
19-01-2013 03:31:58	18-01-2013 03:31:55.940	SE PINHEL	PNH15.C212-SOUOPIRES	MAX I<0> INST	ISPNH-2212-PRHID	ARRANQUE	ALR MIH	Antes do disparo
19-01-2013 03:31:57	18-01-2013 03:31:55.500	SE PINHEL	PNH15.C212-SOUOPIRES	MAX FASE INST	ISPNH-2212-PRHIA	ARRANQUE	ALR MIF	Antes do disparo
19-01-2013 03:31:57	18-01-2013 03:31:55.500	SE PINHEL	PNH15.C212-SOUOPIRES	MAX FASE INST	ISPNH-2212-PRHIA	ARRANQUE	ALR MIF	<5s
19-01-2013 03:31:58	18-01-2013 03:31:55.810	SE PINHEL	PNH15.C212-SOUOPIRES	MAX FASE INST	ISPNH-2212-PRHIA	ARRANQUE	ALR MIF	Antes do disparo
19-01-2013 03:31:58	18-01-2013 03:31:55.810	SE PINHEL	PNH15.C212-SOUOPIRES	MAX FASE INST	ISPNH-2212-PRHIA	ARRANQUE	ALR MIF	<5s
19-01-2013 03:31:58	18-01-2013 03:31:56.320	SE PINHEL	PNH15.C212-SOUOPIRES	MAX FASE TEMP	ISPNH-2212-PRITA	DISPARO	DISP MIF	<5s

Figura 3.8: Formulário dos Alarmes Escondidos

Assim, enquanto os campos apresentados nos alarmes principais, vista colapsada, são os mesmos campos da tabela T_Alarmes_Compostos, os apresentados aquando a expansão do alarme, vista expandida, são aqueles presentes na tabela T_Alarmes_Escondidos. Veja-se a tabela 3.39.

Tabela 3.39: Modos de vista

ID	Vista Colapsada	Vista Expandida
1	Data Sistema;	Data Sistema;
2	Data RTU;	Data RTU;
3	Subestação;	Subestação;
4	Painel;	Painel;
5	Estado;	Descritivo;
6	Duração;	TAG;
7	Ação;	Estado Entidade;
8	Tipo.	Conceito Ativo.

Por outro lado, no que concerne ao funcionamento do botão em si, este, quando pressionado, basicamente faz uma operação entre formulários, executando, no entretanto, uma *query* semelhante à do exemplo anterior aqui explicado. Assim, quando o botão é premido, é decorado o *ID* desse registo e, por sua vez, é feita uma *query* à tabela T_Eventos_Escondidos??, que, como resultado, apresenta apenas os eventos associados a esse mesmo identificador. De seguida, o formulário T_AlarmesEscondidos é aberto, e como a sua fonte de dados é o resultado da *query* anterior, o resultado é o desejado.

Por fim, sobressaem quatro pontos. O primeiro é que por defeito a apresentação dos alarmes compostos aparecerá colapsada, isto é, tal e qual como está ilustrado na figura 3.7, estando os

eventos associados ao disparo escondidos. Em contrapartida, se se pretender a vista em modo expandido, ou seja, a apresentação dos alarmes ocultos associados, o botão para esse efeito terá que ser pressionado. Já o segundo ponto, relacionado com o modo de registos em formulários, visa informar que para o aparecimento de todos os alarmes compostos num só ecrã e numa só página se deve ao facto de se ter impingido, nas propriedades de dados do formulário, a vista predefinida de *Formulários contínuos*. Caso isto não se verificasse iria-se ter um formulário com tantas páginas quantos registos houvesse. Por outra via, o terceiro ponto remete para uma incapacidade do *Microsoft Access* que, não deixando associar botões ao aparecimento de subformulários e aberturas de subformulários dentro de formulários contínuos, não permitiu a vista em modo expandido no mesmo ecrã nos alarmes compostos, 3.7. Assim, aquando de um clique no botão +, um novo formulário surgirá, também ele em modo de registos contínuos, apresentando todos os eventos escondidos associados ao *ID* requerido. Por fim, o quarto e último ponto visa informar que a exportação para *Excel* dos dados relativos aos alarmes compostos pode ser realizada clicando no botão para o efeito, presente em 3.7 e mascarado com um *avatar* semelhante ao de uma folha de dados *Excel*.

3.2.4 Ecrã Disjuntores Desligados

O ecrã de número de ordem igual a quatro pretende informar sobre os tempos que os disjuntores permaneceram desligados e fornecer uma visão global, porém também granular, sobre o que foram os disparos ao longo do tempo abrangido pelo historial inserido. O formulário encontra-se apresentado na figura 3.9.

# Disj. Desligados p/ Tempo	Evolução de Disj. Desligados	Tempo Desligado
t<1min		t máximo
t>=1min e t<3min		t médio
t>=3min e T<30min		
t>=30min e T<60min		
t>=60min		

Figura 3.9: Formulário de Disjuntores Desligados

Como é visível na figura 3.9, esta ilustra três áreas gráficas distintas. A primeira, através do botão *# Disj. Desligados p/ Tempo*, pretende contar e categorizar em cinco níveis os tempos em que os disjuntores permaneceram desligados, de modo a se perceber a distribuição da sua severidade de desligamento, tal e qual como está apresentado na tabela 3.40.

Tabela 3.40: Categorização temporal dos disjuntores que estiveram desligados

ID	Intervalo temporal	Descrição
1	$t < 1min$	Caso o tempo em que esteve desligado for inferior a um minuto;
2	$1min \leq t < 3min$;	Caso o tempo em que esteve desligado for superior a um e inferior a três minutos;
3	$3min \leq t < 30min$;	Caso o tempo em que esteve desligado for superior a três e inferior a trinta minutos;
4	$30min \leq t < 60min$;	Caso o tempo em que esteve desligado for superior a trinta e inferior a sessenta minutos;
5	$t > 60min$;	Caso o tempo em que esteve desligado for superior a sessenta minutos;

A segunda área gráfica é o botão *Evolução de Disj. Desligados* que, ao ser pressionado, garante o aparecimento de uma nova janela, ilustrada em 3.10.

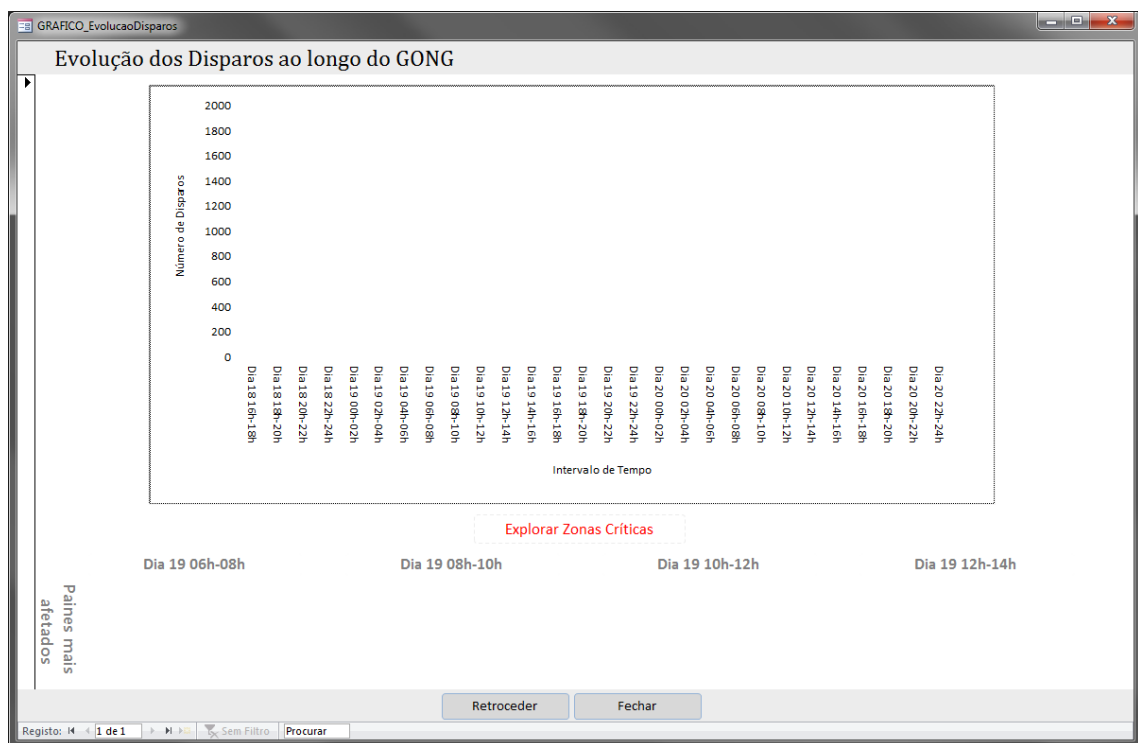


Figura 3.10: Formulário relativo à evolução dos disparos ao longo do tempo

Neste ecrã, como é observável, encontra-se o desenrolar da evolução dos disparos ao longo do período histórico. Contudo, aqui, ainda existem mais duas possibilidades ou modos de vista. A primeira, clicando no botão *Explorar Zonas Críticas*, confere ao utilizador uma visão mais granular sobre os quatro intervalos horários onde se registaram mais disparos, ao apresentar, para cada uma das quatro horas mais afetadas, acompanhados do número de disparos ocorridos em cada um. De notar que as quatro horas mais problemáticas, definidas como zonas

críticas, encontram-se coloridas a vermelho, no gráfico. Por outro lado, a segunda possibilidade prende-se com os quatro restantes botões relativos aos períodos mais dramáticos. Desta forma, o clique em cada um deles originará a abertura de uma nova janela idêntica à da figura 3.11.

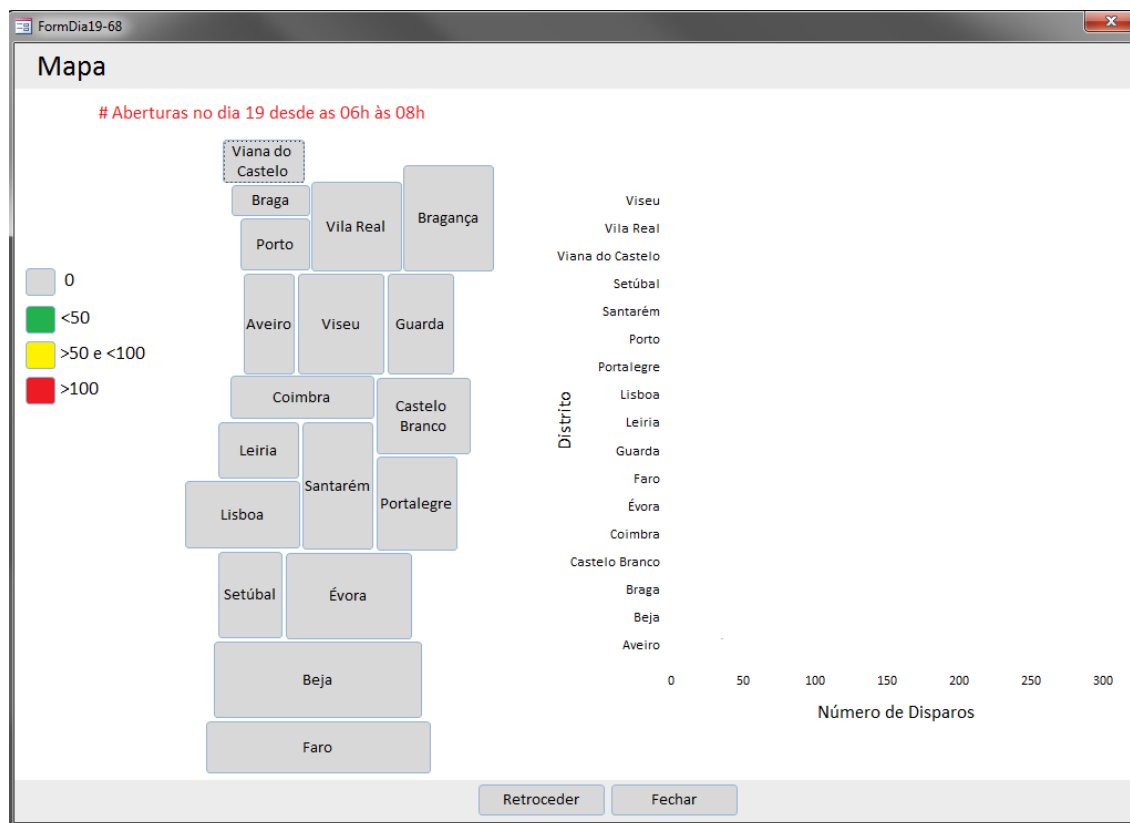


Figura 3.11: Formulário relativo à exploração dos disparos nos intervalos de tempo mais críticos

Este novo formulário contém à esquerda um mapa semelhante ao já apresentado em 3.5 e, sobre a direita, um gráfico representando o número de disparos ocorridos por distrito. De notar, que como seria de esperar, os dados presentes em cada uma das quatro janelas são alusivos apenas aos disparos ocorridos em cada intervalo horário clicado.

No que concerne à terceira e última área gráfica do ecrã 3.9, apresentada sobre o lado direito, esta tem como intuito principal mostrar ao utilizador o tempo médio que os disjuntores tiveram desligados e o tempo máximo de desligamento. Assim, enquanto através da média se percebe a severidade de um modo geral, através da apresentação do tempo máximo, informa-se qual o pior caso ocorrido.

3.2.5 Ecrã Disjuntores Religados

O quinto formulário acessível a partir do formulário de *menu* é o ecrã denominado de *Disjuntores Religados*, ilustrado na figura 3.12.

Figura 3.12: Formulário de Disjuntores Religados

Como se pode verificar, este ecrã tem como principal missão a apresentação de informação relativa às religações ocorridas e quanto à sua topologia. Deste modo, facilmente perceber-se-á se uma determinada topologia de religação sobressaiu face a outra. Este novo formulário detém, a par do ecrã anterior, três áreas gráficas independentes, sendo uma delas comum a ambas, outra idêntica e uma distinta. A comum é a apresentação do tempo médio e máximo de desligamento por parte dos disjuntores, através do botão *Tempo Desligado*, que, pela sua importância, mereceu neste ecrã também o devido destaque. Por outro lado, a área gráfica semelhante é agora, ao invés dos disparos, alusiva à evolução das religações ao longo do tempo. Surge numa nova janela, através do botão *Evolução de Disj. Religados*, e em forma de gráfico, como já acontecia em 3.9. Por fim, a área gráfica distinta do ecrã anterior, e presente em 3.12, é a matriz que correlaciona o sucesso da religação, *Bem* ou *Mal*, nas colunas, com o tipo de religação, *Rápida*, *Lenta* ou *Manual*, nas linhas, e efetua, para cada elemento da matriz, a sua contagem.

3.2.6 Ecrã Proteções

Por último, o ecrã *Proteções*, ilustrado pela figura 3.13, pretende relatar os defeitos elétricos ocorridos.

Figura 3.13: Formulário de Proteções

Aqui, a par do que aconteceu em 3.2.4, também se pretendeu, por uma gama de cinco valores, uma distribuição do número de defeitos eliminados por tempo. Atente-se na tabela 3.41.

Tabela 3.41: Categorização temporal dos defeitos elétricos

ID	Intervalo temporal	Descrição
1	$t < 0,2s$	Caso o tempo de eliminação for inferior a duas décimas de segundo;
2	$0,2s \leq t < 0,6s$;	Caso o tempo de eliminação for superior a duas décimas e inferior a seis décimas de segundo;
3	$0,6s \leq t < 1s$;	Caso o tempo de eliminação for superior a seis décimas de segundo e inferior a um segundo;
4	$1s \leq t < 1,5s$;	Caso o tempo de eliminação for superior a um e inferior a um segundo e meio;
5	$t > 1,5s$;	Caso o tempo de eliminação for superior a um segundo e meio;

No que remete às duas áreas gráficas restantes, enquanto a que se encontra ao centro pretende classificar e efetuar a contagem de defeitos em três topologias distintas, *Isolamento Terra*, *Entre Fases* e *Desconhecido*, a que está presente sobre o lado direito da janela visa informar sobre o tempo médio e máximo de eliminação dos defeitos por parte da abertura dos disjuntores.

3.3 Simulação

Reunidos todos os ingredientes, isto é, depois de realizado o algoritmo principal, obtendo-se os alarmes compostos devidamente detalhados, os seus respetivos eventos escondidos, efetuado o algoritmo que determina quais as proteções associadas a um alarme composto que normalizaram ao fim de x segundos, após o disparo do disjuntor, e realizada a interface gráfica, é altura de se proceder a uma simulação, na tentativa de imitar o que o operador de rede via, no *GONG*, caso os alarmes compostos ou inteligentes tivessem sido antes dele implementados.

Desta forma, de modo a conseguir efetuar uma simulação devidamente apresentada, usou-se a tabela dos alarmes compostos e produziram-se algumas alterações. A *query* realizada para o efeito está apresentada em 3.42.

Tabela 3.42: Q_01_T_AlarmesCompostos_simulacao

<i>query</i>	21	Q_01_T_AlarmesCompostos_simulacao	<i>query create table</i>
<i>input:</i>	1:	<i>T_AlarmesCompostos</i>	
	2:	<i>T_Disparos</i>	
	associations:		
	1:	<i>input1.ID</i>	<i>input1.ID</i>
<i>output:</i>		<i>T_AlarmesCompostos_simulacao</i>	
	new fields:	1:	<i>Ordenador</i>
		if	<i>Estado</i> = "DISJ DESL"
			= 1
		else	
			= 0
	2:	<i>Exportado</i>	
			= "Não"

Ao observar a [query 3.42](#), nota-se algo de novo, de que é exemplo o campo *Ordenador*. Este campo é meramente auxiliar e a sua existência prende-se apenas com questões de ordenação dos alarmes compostos, pois, aquando da simulação, será necessário enviar para uma tabela, originalmente vazia, e respeitando uma determinada cadência, os alarmes por ordem de data de chegada ao sistema, imitando uma eventual visão do operador nas salas de despacho. Contudo, a ordenação da tabela pelo campo *EVDATE* não será suficiente, devido à sua fraca precisão, pelo que muitos alarmes chegam ao sistema ao mesmo segundo e aí haverá indecisão por parte do algoritmo, não lhe conferindo nenhuma fiabilidade. Assim, de forma a contornar esta situação, decidiu-se colocar o campo *Ordenador* em jogo. A este campo, caso o alarme fosse um disparo era-lhe atribuído o valor um e, em contrapartida, se se tratasse de uma religação era-lhe atribuído o valor zero. De seguida, para além da ordenação já falada anteriormente, ordenou-se também este campo, desta vez por ordem decrescente, de modo a garantir em caso dúvida sempre o disparo primeiro que a religação. De notar ainda a criação da coluna *Exportado*. No entanto, para já, como este novo campo não merece destaque, foi adiada a sua explicação.

Pois isto, há condições para realizar a simulação. Para a sua realização foi necessário criar seis *macros*, uma de limpeza de tabelas, [3.44](#), à semelhança do que já havia sido feito anteriormente, de forma a evitar algum problema que pudesse advir da não eliminação de registos das tabelas. E outra que agrupa a limpeza e execução da simulação, numa *macro* apenas, [3.43](#). Assim, subtraindo seis a dois, obtêm-se quatro macros restantes relativas à simulação propriamente dita.

Tabela 3.43: M_1_simulacao

<i>macro</i>	4	M_1_simulacao
1:	runmacro <i>M_2_simulacao_clean</i> ;	
2:	runmacro <i>M_3_simulacao</i> ;	

Tabela 3.44: M_2_simulacao_clean

<i>macro</i> 5	M_2_simulation_clean
1: opentable T_AlarmesCompostos_Simulacao_AUX;	
2: select all ;	
3: delete ;	
4: closetable T_AlarmesCompostos_Simulacao_AUX;	
5: opentable T_AlarmesCompostos_Simulacao;	
6: select all ;	
7: delete ;	
8: closetable T_AlarmesCompostos_Simulacao;	

No que concerne à simulação em si, primeiramente criou-se um formulário, de estrutura idêntica ao Form_AlarmesCompostos, que foi produzido em 3.2, mas com a exceção de, desta vez, a tabela por detrás do formulário estar vazia, obrigando também o formulário a permanecer em branco.

Depois de criado o formulário correu-se a *macro* 3.45.

Tabela 3.45: M_3_simulacao

<i>macro</i> 6	M_3_simulacao
1: openform Form_AlarmesCompostos_simulacao; <i>view mode normal</i>	
2: run M_4_simulacao 3.46;	
3: fpause (2,"AlarmesCompostos_simulacao");	

Assim, o formulário foi aberto, em modo visível, e correu-se a *macro* 3.46.

Tabela 3.46: M_4_simulacao

<i>macro</i> 7	M_4_simulacao
1: while i<N_AlarmesCompostos	
2: runmacro M_5_simulation;	
3: i++;	
4: end while	

De ressaltar o facto de 3.46 executar a *macro* 3.47 tantas vezes quanto o número de alarmes compostos existentes. Relativamente ao valor da variável N_AlarmesCompostos, este é obtido realizando uma simples *query* que produz, como resultado, apenas o número de registos presentes na tabela T_AlarmesCompostos_simulacao.

A *macro* 3.47, sendo o motor da simulação, é que vai dar vida ao formulário, até agora vazio. Assim, em primeiro lugar, através da *query* 3.48, irão ser efetuados os envios sucessivos dos primeiros registos dos alarmes da tabela T_AlarmesCompostos_simulacao, para a tabela T_AlarmesCompostos_simulados, que por sua vez suporta o formulário.

Tabela 3.47: M_5_simulacao

<i>macro</i> 8	M_5_simulacao
1:	openquery
	<i>Q_02_T_AlarmesCompostos_simulados</i> ;
2:	F_1_atualizacao ("AlarmesCompostos_simulacao");
3:	run <i>M_6_simulacao</i> 3.50;
4:	openquery <i>consulta1_</i> ;
5:	openquery <i>copia consulta3</i> ;
6:	closequery <i>consulta1_</i> ;
7:	closequery <i>copia consulta3</i> ;
8:	closequery <i>consulta1_</i> ;
9:	fpause (2,"AlarmesCompostos_simulacao");
10:	fupdate ();

Essa *query* encontra-se apresentada em 3.48. De realçar a existência da condição que leva a que só sejam enviados para a nova tabela, registos que ainda não foram exportados.

Tabela 3.48: Q_02_T_AlarmesCompostos_simulados

<i>query</i> 22	<i>Q_02_T_AlarmesCompostos_simulados query adds to table</i>
<i>input:</i>	1: <i>T_AlarmesCompostos_simulacao</i>
<i>output:</i>	<i>T_AlarmesCompostos_simulados</i>
	new fields: 1: <i>Resolvido</i>
	if <i>Fisrt Estado</i> = "DISJ LIG"
	= "Sim"
	else
	= "Não"
<i>process:</i>	HAVING
	<i>Exportado Like "Não"</i>

Além de se transferir o primeiro registo do *output* de 3.42 que tenha o campo *Exportado* igual a "Não", esta *query* ainda cria o campo *Resolvido* que, para já, atribui a *string* "Sim" a relações e a *string* "Não" a disparos. A razão é simples e prende-se com o facto de se pressupor que quando uma relação é feita, o problema é resolvido. No entanto, como se sabe, esta abordagem não é de todo exequível. Contudo, perceber-se-á o seu porquê mais tarde. Por outro lado, quando um disparo acontece presume-se que o problema ainda esteja por resolver.

Assim, depois de executada a *query* 3.48, criou-se uma função de atualização do formulário. Pois, sabendo que o formulário se encontra aberto desde o início, e a tabela que o suporta vai sendo alvo de novos registos, é fundamental que seja realizado um *refresh*, de modo a que esta nova informação que vai chegando à tabela também seja visível no formulário. A função encontra-se apresentada na tabela 3.49.

Tabela 3.49: Função de atualização

<i>function</i> 1	F_1_atualizacao
1: Public Function F_1_atualizacao(f As String)	
2: Forms(f). Repaint	
3: End Function	

Depois de atualizado o formulário é executada a *macro* 3.50.

Tabela 3.50: M_6_simulacao

<i>macro</i> 9	M_6_simulacao
1: openquery consulta1_;	
2: openform AlarmesCompostos_simulacao_aux; <i>view mode hidden</i>	
3: if [Forms]![AlarmesCompostos_simulacao_aux]![Estado]="DISJ LIG";	
4: openquery consulta4_;	
3: end if	
4: openquery consulta1_;	
5: openquery copia consulta3;	
4: openquery consulta1_;	
5: openquery copia consulta3;	
5: closequery copia consulta3;	
4: closequery consulta1_;	
5: closequery copia consulta3;	
3: fpause (2,"AlarmesCompostos_simulacao");	

Começou-se por duplicar a *query* 3.48 já existente, sendo portanto uma cópia meramente auxiliar da anterior. Contudo, nesta nova *query*, existe a particularidade de não haver *output* real, ao contrário da sua gêmea que vai inserindo novos registos numa tabela, sem apagar os anteriores.

Tabela 3.51: Q_03_AlarmesCompostos_simulacao_aux

<i>query</i> 23	Q_03_AlarmesCompostos_simulacao_aux query create table
<i>input</i> :	1: T_AlarmesCompostos_simulacao
<i>process</i> :	HAVING Exportado Like "Não"

De seguida, como está visível em 3.50, gerou-se um terceiro formulário com a estrutura semelhante ao Form_AlarmesCompostos e colocou-se como fonte de dados o resultado virtual de 3.51. Abriu-se o formulário, em modo oculto, pois o facto de ser auxiliar confere-lhe pouco interesse, e verificou-se, em primeiro lugar, se o alarme composto a tratar era uma religação. Caso fosse, de forma a saber se o disparo que lhe estava associado foi resolvido ou não, era necessário conhecer se as proteções que outrora ordenaram o seu disparo já normalizaram. Assim, correu-se a *query* 3.52 que, olhando para o registo que esta a ser enviado para a nova tabela, verifica, através da

ligação por *ID*, se na tabela *T_AlarmesEscondidos_temposnormalizacao* as proteções associadas a esse *ID* normalizaram.

Tabela 3.52: Q_0_simulacao_Normalizacoes

query	21	Q_0_simulacao_NormalizadoSIMNAO	query update table
input:		1: <i>AlarmesCompostos_simulacao_aux</i> 2: <i>T_AlarmesEscondidos_temposnormalizacao</i>	
		associations: 1: $\boxed{\text{input1.ID}} = \boxed{\text{input2.ID}}$	
output:		<i>T_AlarmesCompostos_simulacao</i>	
		new fields: 1: <i>Normalizado</i> if <i>tempo_normalizacao</i> < 60×3 = "OK" else = "NOK"	
		2: <i>Contador</i> = <i>Count</i> input2.ID	
process:		WHERE <i>Normalizado</i> Like "NOK"	

Esta normalização das proteções é dada pelo campo *Contador*, que, como o próprio nome indica, para um mesmo *ID*, contabiliza o número de proteções que normalizaram em mais de três minutos. Caso esse número seja diferente de zero, é sinal que o disjuntor religou e uma ou mais proteções demoraram demasiado tempo a normalizar, continuando portanto o defeito presente. Nesse caso, através da *query* 3.53, o par *Disparo – Religação* associado ao mesmo *ID* veria o seu campo *Resolvido* preenchido com a *string* "Parcialmente", pelo facto de não estar totalmente solucionado.

Tabela 3.53: Q_0_simulacao_ResolvidoParcialmente

query	21	Q_0_simulacao_ResolvidoParcialmente	query update table
input:		1: <i>T_AlarmesCompostos_simulacao</i> 2: <i>T_AlarmesCompostos_simulacao_aux</i>	
		associations: 1: $\boxed{\text{input1.ID}} = \boxed{\text{input2.ID}}$	
output:		<i>T_AlarmesCompostos_simulacao</i>	
		updated fields: 1: "Parcialmente" \leftarrow input1.Resolvido	

Caso contrário, se o valor de *Contador* permanecesse a zero, era sinal que todas as proteções tinham normalizado no tempo esperado, e a *string* "Sim" faria agora parte do campo *Resolvido* do par *Disparo – Religação* associado a esse *ID*, através da execução da *query* 3.54.

No entanto, voltando atrás um pouco, se o alarme em tratamento fosse um disparo a *macro* 3.50 não iria atuar, tendo portanto uma atitude passiva.

Tabela 3.54: Q_0_simulacao_ResolvidoSim

query	21	Q_0_simulacao_ResolvidoSim	query update table
input:	1: T_AlarmesCompostos_simulacao		
	2: T_AlarmesCompostos_simulacao_aux		
	associations:	1: <input type="text" value="input1.ID"/> = <input type="text" value="input2.ID"/>	
output:	T_AlarmesCompostos_simulacao		
	updated fields:	1: "Sim" ← input1.Resolvido	

Assim, depois de se saber se o alarme associado a esse *ID* está resolvido, parcialmente resolvido ou não resolvido, procedeu-se novamente a executar a função 3.49, atualizando assim o formulário, aparecendo agora os alarmes associados ao mesmo *ID*, como o campo *Resolvido* atualizado. De notar que esta atualização apenas ocorre caso o alarme em tratamento seja uma religação, pois, como se pode observar em 3.50 e como já foi mencionado, o disparo é indiferente a esta última.

De seguida, voltou-se novamente à macro 3.47, mais concretamente à linha quatro, e executou-se a query 3.55. O objetivo dessa query é comparar o registo que foi enviado para a nova tabela, presente no resultado de 3.51, e a tabela que contem todos os alarmes compostos, fruto do output 3.42, que por sinal é a fonte de inspiração de T_AlarmesCompostos_simulados. Essa comparação pretende, pela associação por *ID*, que quando o registo é enviado, o seu campo *Exportado* passe a conter a string "Sim". Pois, desta forma, garante-se que quando a query 3.48 for novamente executada, esse registo não cumprirá a condição do campo *Exportado* ser igual à string "Não" e assim, o registo selecionado para o efeito será o seguinte, como é desejado.

Tabela 3.55: Tabela Exemplo

query	22	Q_04_simulacao_ExportadoSim	query update table
input:	1: T_AlarmesCompostos_simulacao		
	2: AlarmesCompostos_simulacao_aux		
	associations:	1: <input type="text" value="input1.ID"/> = <input type="text" value="input2.ID"/>	
		2: <input type="text" value="input1.DataSistema"/> = <input type="text" value="input2.DataSistema"/>	
		3: <input type="text" value="input1.DataRTU"/> = <input type="text" value="input2.DataRTU"/>	
		4: <input type="text" value="input1.Subestacao"/> = <input type="text" value="input2.Subestacao"/>	
		5: <input type="text" value="input1.Painel"/> = <input type="text" value="input2.Painel"/>	
		6: <input type="text" value="input1.Estado"/> = <input type="text" value="input2.Estado"/>	
		7: <input type="text" value="input1.Duracao"/> = <input type="text" value="input2.Duracao"/>	
		8: <input type="text" value="input1.Acao"/> = <input type="text" value="input2.Acao"/>	
		9: <input type="text" value="input1.Tipo"/> = <input type="text" value="input2.Tipo"/>	
output:	T_AlarmesCompostos_FINAL_simulacao		
	updated fields:	1: "Sim" ← input1.Exportado	

Atualizado o campo *Exportado* é hora de introduzir a função que vai conferir uma determinada

cadência à introdução de alarmes. Essa função está apresentada em 3.56 e é executada ainda na *macro* 3.47.

Tabela 3.56: Função de espera




<i>function</i> 2	F_2_espera
1: Public Function F_2_espera (<i>s</i> As Integer)	
2: Dim <i>t</i> As Double	
3: <i>t</i> = <i>Timer</i>	
4: Do While <i>Timer</i> < (<i>t</i> + <i>s</i>)	
5: <i>DoEvents</i>	
6: Loop	
7: End Function	

Como se pode observar, a função recebe como objeto o atributo *s*. Este atributo corresponde ao valor, em segundos, que se quer que a função espere, de modo a que volte novamente à *macro* 3.46 apenas após terem decorridos *s* segundos. Esta função de espera confere à simulação uma tentativa de imitação de *realtime*. Depois de esperado o tempo definido, volta-se então à *macro* 3.46, que corre novamente, desde que obedeça à sua condição de *loop*. Verificada a condição, é dada liberdade a 3.45 para, mais uma vez, ir introduzindo alarmes através da query 3.42, e assim sucessivamente.

Antes de terminar o capítulo, destacam-se quatro pontos importantes. O primeiro é que durante toda a simulação, de modo a que os alarmes mais recentes aparecessem no topo, imitando o SCADA da EDIS, ordenou-se o formulário principal, Form_AlarmesCompostos_simulacao, por ordem decrescente de *Data de Sistema*. Assim, assegurou-se que os eventos mais antigos iriam cair na lista de alarmes, sobressaindo em cima os mais recentes. O segundo é que, apesar de não terem sido alvo de justificação, se se reparar nas tabelas que apresentam as estruturas das *macros*, surgem os fechos das *queries*, e por sinal com uma ordem bem definida. Isto é fundamental acontecer, já que algumas *queries* dependem de outras e, caso sejam chamadas a atuar enquanto abertas, originarão erros, impedindo assim o algoritmo de continuar o seu bom desempenho. Já o terceiro ponto, como foi referido anteriormente, prende-se com o facto de, mesmo sabendo que poderão existir eventos importantes ocultos, sob a forma de alarme composto, ajudar o operador a conhecer quais aqueles que, escondidos, apenas normalizaram ao final do dado tempo limite, previamente estipulado. Mas se estão ocultos, como se poderá dar a entender, ao operador, que algo de errado está a acontecer? Dessa forma, pensou-se numa formatação condicional de cor, imitando um pouco aquilo que acontece no ecrã do operador. Assim, sempre que o campo resolvido fosse *Sim*, as duas linhas correspondentes ao par *Disparo – Religação* em causa eram pintadas a verde. Por outro lado, sempre que o campo *Resolvido* contivesse a *string Não* eram preenchidas a vermelho e por fim, caso fosse a *string Parcialmente* a atribuída ao campo *Resolvido*, as linhas coloriam-se a laranja. Deste modo, o operador sabia que se o alarme estivesse a verde, não se teria que preocupar, pois esse par *Disparo – Religação* estava resolvido, se estivesse a vermelho, era sinal que a religação correspondente a esse disparo ainda não tinha chegado ao sistema. Por

fim, se estivesse a laranja, era preocupante, já que as proteções que atuaram o disparo do disjuntor permaneceram atuadas mesmo depois de passados três minutos da sua religação. Atente-se na tabela 3.57, que indica o código de cor usado.

Tabela 3.57: Código de cor usado

Sim	Não	Parcialmete
		

Alguns *screenshots* da simulação e todos os resultados obtidos, estão presentes no capítulo seguinte, o capítulo da demonstração e análise de resultados.

3.4 Resumo e Conclusões

Após o estudo pormenorizado do estado da arte, e de se ter absorvido alguns conceitos do SCADA da EDPDIS, o *GENESys*, era altura de se proceder à implementação dos alarmes inteligentes ao caso em estudo, o *GONG*. Assim, no primeiro ponto do capítulo, tendo numa tabela todos os registos de eventos ocorridos durante a tempestade, produziram-se várias *queries*, ou, por outras palavras, várias manipulações ao *input* inicial, sempre com vista à construção dos alarmes inteligentes ou compostos. Alarmes compostos são basicamente alarmes agrupados sob a forma de um alarme principal, que, devido ao facto de serem capazes de correlacionar alarmes, escondendo os menos interessantes ao operador, são também apelidados de alarmes inteligentes. Contudo, o algoritmo criado apenas correlacionou alarmes relativos a disparos de disjuntores, como foi sendo visível ao longo da sua fundamentação. A razão de se ter decidido apontar os holofotes apenas a mudanças de estado de disjuntores e, naturalmente, a outros alarmes que estivessem na origem da sua causa, está relacionada com o facto das aberturas e fechos de disjuntores serem os alarmes mais importantes a nível de SCADA. Pois, sabe-se, que perante um defeito, a reconfiguração de rede realizada pelo operador não estará só a isolar o defeito presente, mas também a impedir vários clientes, inseridos na área isolada, do acesso ao fornecimento de energia. E, como a não continuidade de serviço por parte da EDP pode alcançar custos elevadíssimos, dependendo também de que cliente se trata, é extremamente necessário esconder alarmes que teoricamente não sejam tão importantes, porque, se em alturas de tempestade o número de disparos é bastante alto, e por si só já é difícil de dar vazão a tanta reconfiguração de rede, a presença de alarmes que podiam ser ocultados ainda atrasa mais a decisão do operador que, stressado para atuar o mais rápido possível, poderá deixar escapar algo importante. Muito basicamente o algoritmo consistiu em encontrar todos os pares *Disparo – Religação*, isto é, para cada painel, e para cada disparo, encontrar a religação imediatamente posterior. De seguida, procura para esse painel e para esse disparo, qual o disparo imediatamente seguinte, ou seja, a nova alteração de estado do disjuntor, após a religação anterior encontrada. E por fim, vê os que alarmes ocorreram, para o mesmo painel, entre os dois disparos consecutivos. Esses serão os alarmes a esconder sob a forma de alarme composto, tanto

no disparo como na própria religação. No que concerne ao segundo ponto, de forma a haver requinte na apresentação do resultado obtido, fez-se uma plataforma gráfica, programada em *Visual Basic*, que além de mostrar imensas estatísticas do *GONG* confere ao operador outra sensibilidade sobre os resultados apresentados. Por outro lado, de modo a validar a aplicação e o seu impacto na qualidade de informação disponibilizada pelo SCADA da EDIS, realizou-se uma simulação que, estudando a normalização dos alarmes escondidos, verifica quais os que apenas normalizaram ao fim de x segundos, mesmo depois do disjuntor ter religado. E perante esse número, analisa a credibilidade do algoritmo. Contudo, apenas no capítulo seguinte, 4, será feita a análise e demonstração dos resultados, pelo que só aí se poderá concluir algo acerca da viabilidade da aplicação. Para terminar, é de realçar o facto do algoritmo ser versátil e dinâmico, na medida em que trata qualquer que sejam os eventos SCADA que forem lá inseridos.

Capítulo 4

Análise e Demonstração de Resultados

Este capítulo encarregar-se-á de apresentar, analisar e discutir os resultados obtidos. Como já foi mencionado, os resultados aqui presentes são relativos ao caso de estudo apresentado em [2.5](#), a tempestade *GONG*, aplicando o modelo e algoritmo construído no capítulo [3](#).

Sucintamente, este capítulo está dividido em três secções:

- Resultado Obtidos Através da Aplicação;
 - Ecrã Mapa;
 - Ecrã Indicadores;
 - Ecrã Exploração de Alarmes;
 - Ecrã Disj. Desligados;
 - Ecrã Disj. Religados;
 - Ecrã Proteções.
- Validação da Aplicação;
 - Resultados da Redução de Alarmes;
 - Resultados Obtidos *versus* Resultados Padrão;
 - * SCADA Norte;
 - * SCADA Sul;
 - * SCADA Nacional.
 - Impacto da Aplicação do Algoritmo na Qualidade da Informação Disponibilizada pelo SCADA da EDP Distribuição.

A primeira secção visa demonstrar os resultados obtidos, aplicando ao algoritmo desenvolvido o caso em estudo, o temporal *GONG*. Por outro lado, a segunda secção tenciona validar o modelo e a aplicação desenvolvidas através: dos resultados obtidos, da comparação desses mesmos resultados com os resultados padrão, outrora realizados, e da análise e impacto da aplicação do modelo na qualidade da informação disponibilizada atualmente pelo SCADA da EDIS.

4.1 Resultado Obtidos Através da Aplicação

Aqui, submeteram-se, na aplicação desenvolvida em 3, os registos SCADA ocorridos no temporal *GONG*, o caso de estudo fornecido. De seguida, correu-se a aplicação e obtiveram-se os ecrãs apresentados e explicados em 3.2, porém, desta vez, preenchidos de resultados.

4.1.1 Ecrã Mapa

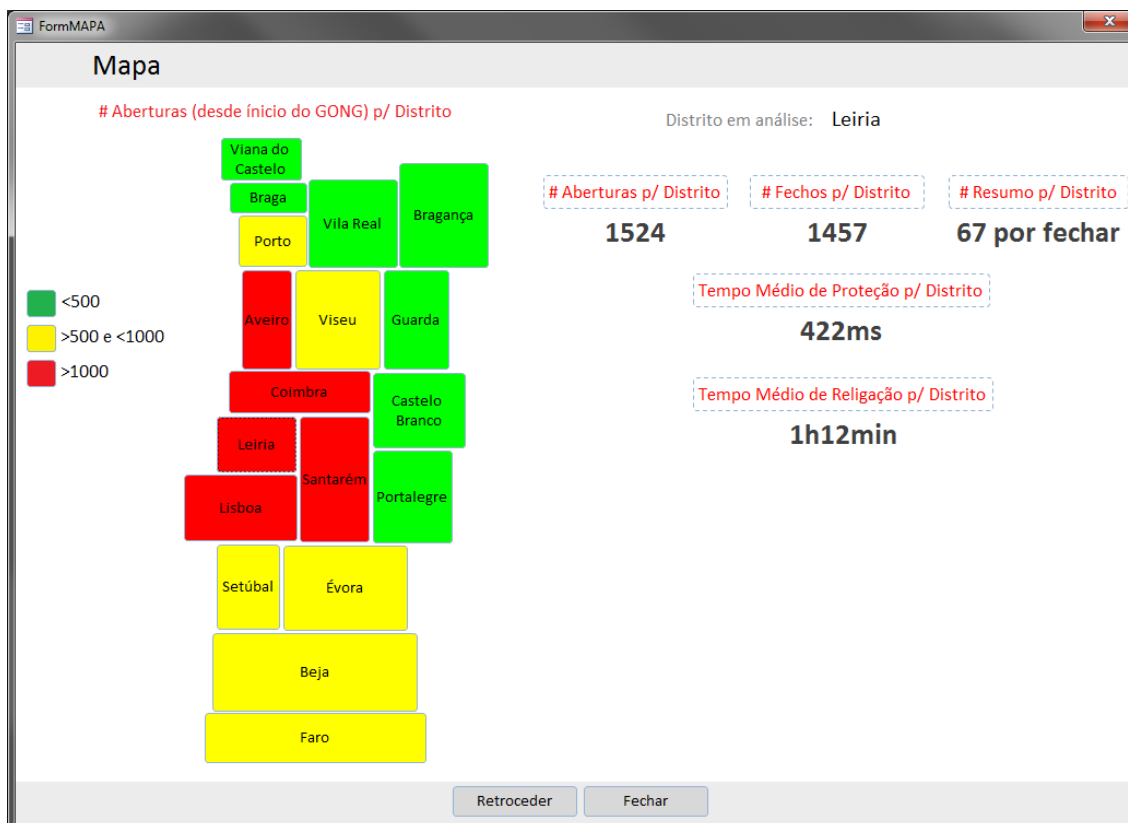


Figura 4.1: Formulário do Mapa

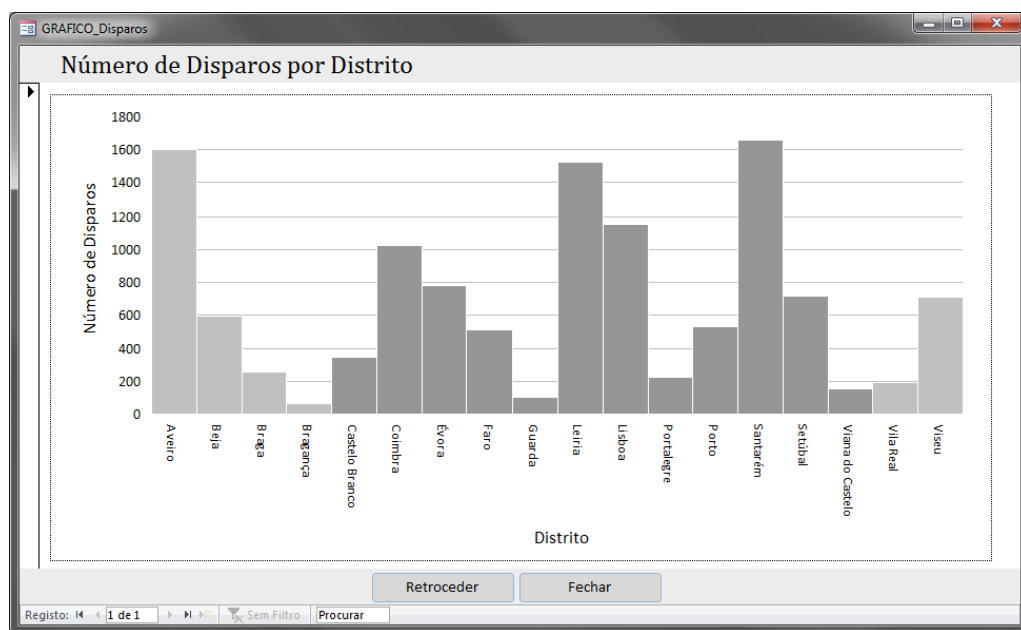


Figura 4.2: Disparos por distrito

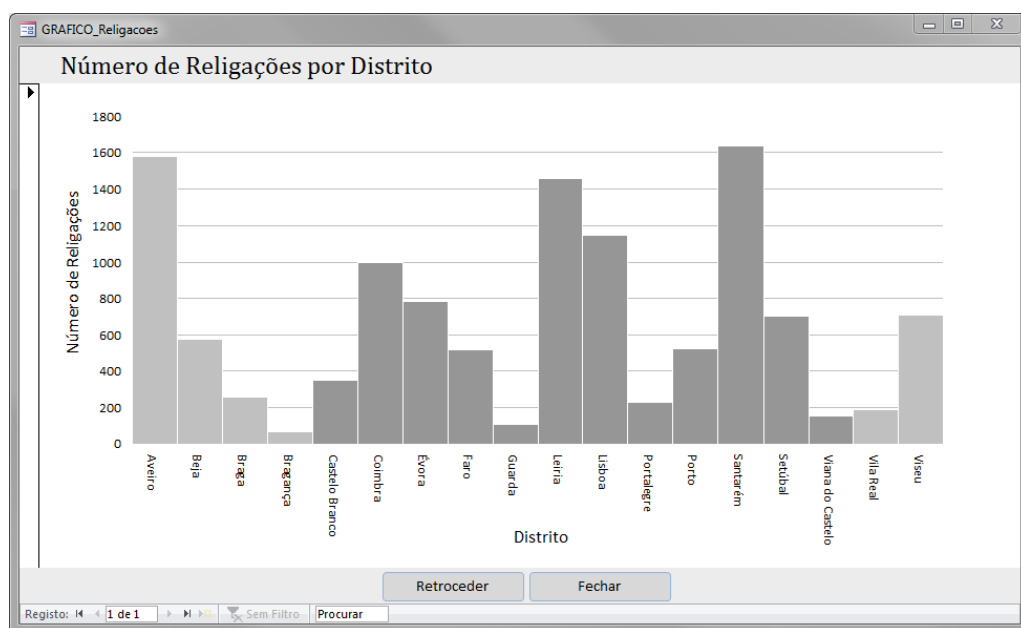


Figura 4.3: Religações por distrito

4.1.2 Ecrã Indicadores



Figura 4.4: Formulário de Indicadores

4.1.3 Ecrã Exploração de Alarmes

The screenshot shows a software window titled 'T_AlarmesCompositos_Simulacao'. It contains a table with the following columns: Data do Sistema, Data da RTU, Subestação, Painel, Estado, Duração, Ação, and Tipo. The table lists 15 alarm events.

Data do Sistema	Data da RTU	Subestação	Painel	Estado	Duração	Ação	Tipo
18-01-2013 23:47:55	18-01-2013 23:47:51.658	SE MEXEIRO	P305 L CONCHOSO	DISJ DESL	240ms	DISP PROT	PROT TERRAS RESIST INST Não
18-01-2013 23:47:13	18-01-2013 23:47:13.300	SE AZOIA	AZO30.C301-OMYA	DISJ LIG	12s590ms	RELIG AUTO	RL OK Sim
18-01-2013 23:47:00	18-01-2013 23:47:00.710	SE AZOIA	AZO30.C301-OMYA	DISJ DESL	190ms	DISP PROT	MAX FASE INST Sim
18-01-2013 23:46:55	18-01-2013 23:46:51.487	SE LAMEIRINHO	ZRIBA DAVE	DISJ LIG	34s150ms	RELIG AUTO	RL OK Sim
18-01-2013 23:46:27	18-01-2013 23:46:17.337	SE LAMEIRINHO	ZRIBA DAVE	DISJ DESL	580ms	DISP PROT	PROT TERRAS RESIST INST Sim
18-01-2013 23:46:26	18-01-2013 23:46:06.233	SE LAMEIRINHO	ZRIBA DAVE	DISJ LIG	14s740ms	RELIG AUTO	RL OK Sim
18-01-2013 23:46:21	18-01-2013 23:46:20.957	SE VOUZELA	P227 VARZIELAS	DISJ LIG	15s80ms	RELIG AUTO	RL OK Sim
18-01-2013 23:46:14	18-01-2013 23:46:13.389	SE SADO	P306 ST30-94 MOVAUTO	DISJ LIG	32s520ms	RELIG MANUAL	RM OK Sim
18-01-2013 23:46:12	18-01-2013 23:46:09.60	SE CASAL DA AREIA	CSA30.C301-PATAIAS	DISJ LIG	24s980ms	RELIG AUTO	RL OK Sim
18-01-2013 23:46:06	18-01-2013 23:46:05.882	SE VOUZELA	P227 VARZIELAS	DISJ DESL	15s230ms	DISP PROT	PROT DEFEITO FASE-FASE Sim
18-01-2013 23:46:05	18-01-2013 23:46:05.62	SE VOUZELA	P227 VARZIELAS	DISJ LIG	360ms	RELIG AUTO	RR NOK Sim
18-01-2013 23:46:05	18-01-2013 23:46:04.701	SE VOUZELA	P227 VARZIELAS	DISJ DESL	190ms	DISP PROT	MAX I> INST Sim

At the bottom of the window, there is a status bar showing 'Registo: 14', '6 de 50', and 'Não Filtro', and two buttons: 'Retroceder' and 'Fechar'.

Figura 4.5: Formulário de Exploração Alarmes

EventosEscondidos

Data do Sistema	Data da RTU	Subestação	Painel	Desc. Digital	TAG	Estado Entidade	Conceito Ativo	Normalização
18-01-2013 23:38:06	18-01-2013 23:38:04.584	SE POVOA	P323 LA 107 ALHANDRA	MAX FASE INST	LSPOV-3323-PRXA-	ARRANQUE	ALR MIF	Antes do disparo
18-01-2013 23:38:06	18-01-2013 23:38:04.584	SE POVOA	P323 LA 107 ALHANDRA	MAX FASE INST	LSPOV-3323-PRXA-	ARRANQUE	ALR MIF	<5s
18-01-2013 23:38:05	18-01-2013 23:38:04.439	SE POVOA	P323 LA 107 ALHANDRA	MAX FASE INST	LSPOV-3323-PRXA-	ARRANQUE	ALR MIF	Antes do disparo
18-01-2013 23:38:05	18-01-2013 23:38:04.439	SE POVOA	P323 LA 107 ALHANDRA	MAX FASE INST	LSPOV-3323-PRXA-	ARRANQUE	ALR MIF	<5s
18-01-2013 23:38:06	18-01-2013 23:38:04.633	SE POVOA	P323 LA 107 ALHANDRA	PROTECCAO	LSPOV-3323-PRXD-	DISPARO	DISP MI	>1h

Registo: 14 de 5 Filtros Procurar Retroceder Fechar

Figura 4.6: Formulário dos Alarmes Escondidos

4.1.4 Ecrã Disj. Desligados

FormDISJ_DESLIGADOS

Relato de Disj. Desligados

# Disj. Desligados p/ Tempo	Evolução de Disj. Desligados	Tempo Desligado
t<1min	7028	t máximo1d21h
t>=1min e t<3min	1451	t médio34min40s
t>=3min e T<30min	1736	
t>=30min e T<60min	487	
t>=60min	1254	

RetrocederFechar

Figura 4.7: Formulário de Disjuntores Desligados

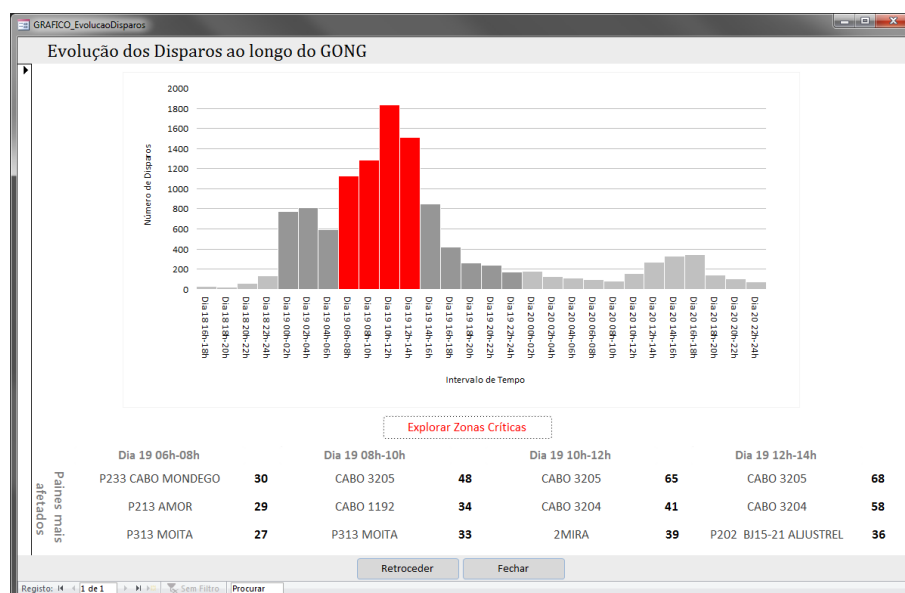


Figura 4.8: Formulário relativo à evolução dos disparos ao longo do tempo



Figura 4.9: Formulário relativo à exploração dos disparos nos intervalos de tempo mais críticos, tanto quanto ao seu valor como à sua geografia

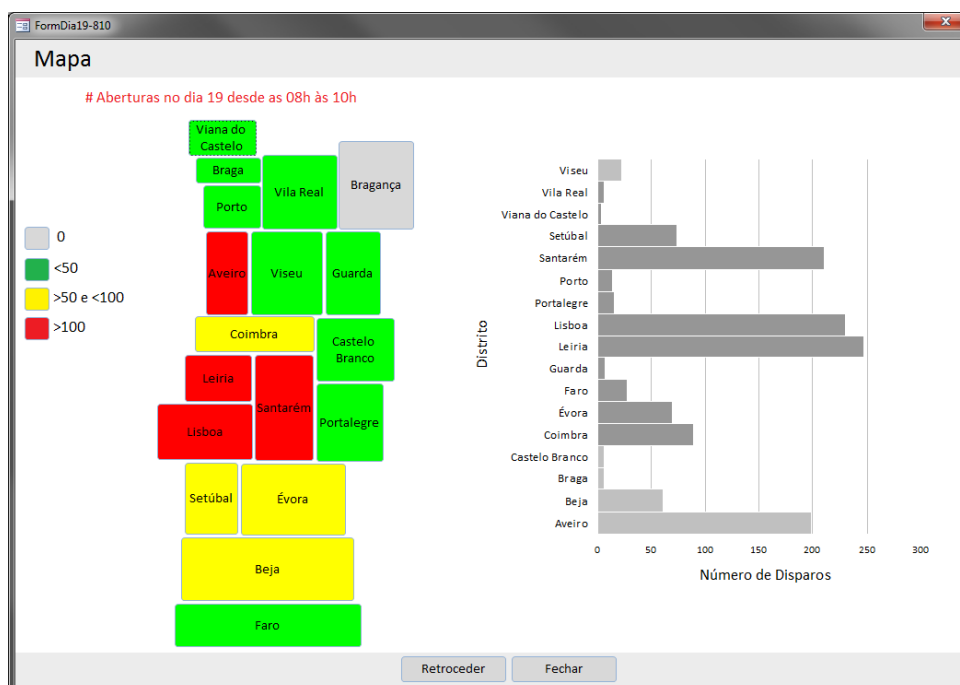


Figura 4.10: Formulário relativo à exploração dos disparos nos intervalos de tempo mais críticos, tanto quanto ao seu valor como à sua geografia

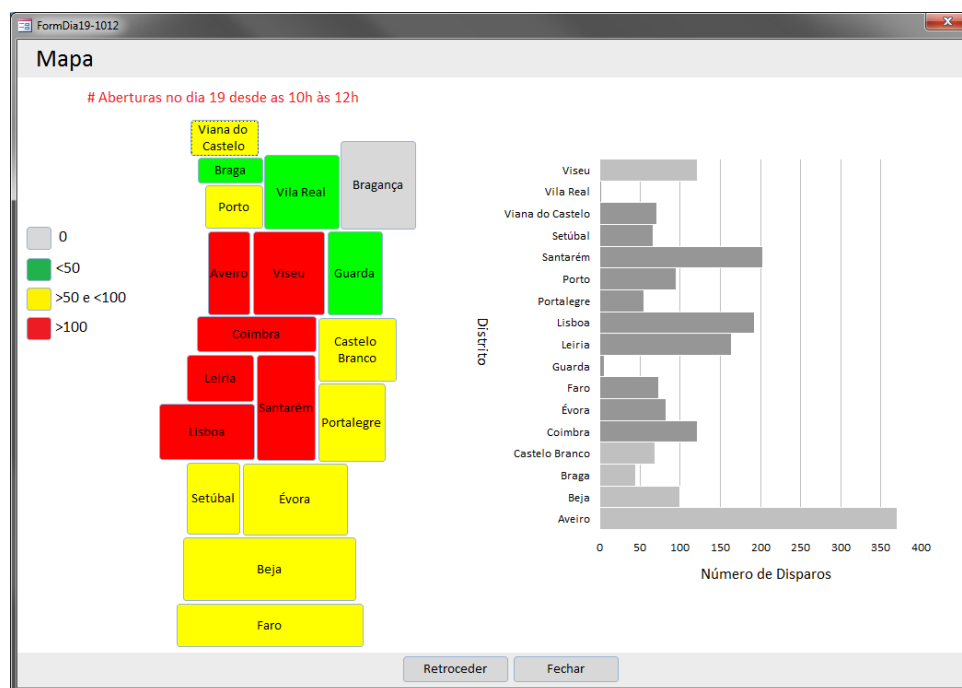


Figura 4.11: Formulário relativo à exploração dos disparos nos intervalos de tempo mais críticos, tanto quanto ao seu valor como à sua geografia

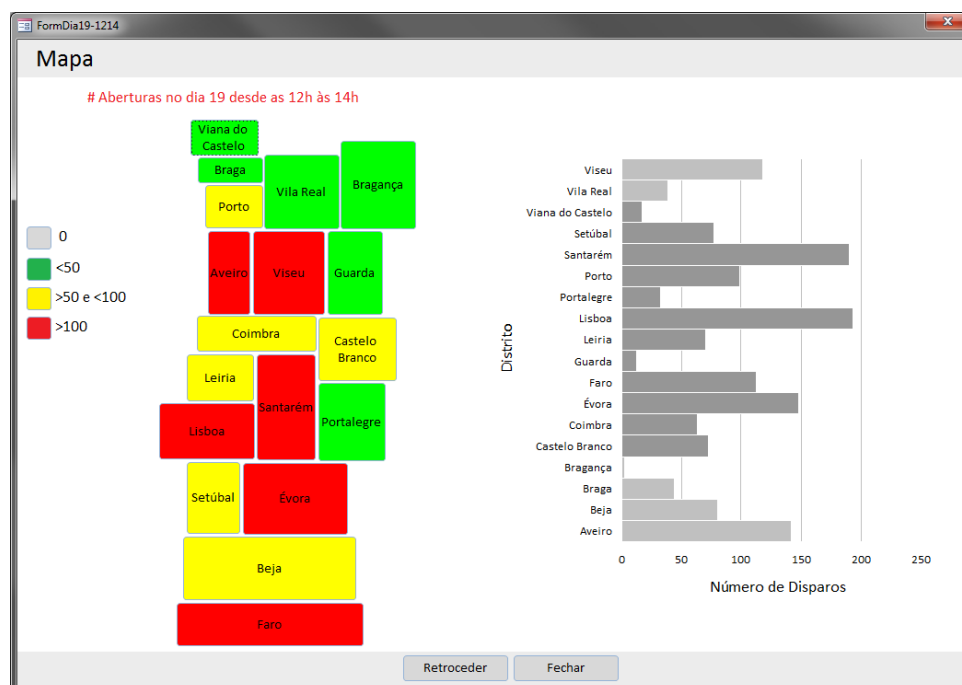


Figura 4.12: Formulário relativo à exploração dos disparos nos intervalos de tempo mais críticos, tanto quanto ao seu valor como à sua geografia

4.1.5 Ecrã Disj. Religados

The screenshot shows a software window titled 'FormDISJ_RELIGADOS'. Inside, the main heading is 'Relato de Disj. Religados'. Below this, there are three sections: '# Religações p/ Tipo', 'Evolução de Disjuntores Religados', and 'Tempo Desligado'. The first section contains a table with columns 'Bem' and 'Mal' for three types of disjunctors: 'Rápidas', 'Lentas', and 'Manuais'. The second and third sections are currently empty. At the bottom, there are two buttons: 'Retroceder' and 'Fechar'.

	Bem	Mal
Rápidas	1578	1391
Lentas	2327	892
Manuais	4219	1593

Figura 4.13: Formulário de Disjuntores Religados

4.1.6 Ecrã Proteções

The screenshot shows a software window titled 'FormPROTECOES'. Inside, the main heading is 'Relato de Def. Eléctricos'. Below this, there are three sections: '# Def. p/ Tempo de Eliminação', '# Def. Acumulados', and 'Tempos Defeito'. The first section contains a table with columns for time intervals and their corresponding counts. The second and third sections are currently empty. At the bottom, there are two buttons: 'Retroceder' and 'Fechar'.

Intervalo de Tempo	Contagem
$t < 0,2s$	4255
$t \geq 0,2s$ e $t < 0,6s$	4261
$t \geq 0,6s$ e $t < 1s$	1784
$t \geq 1s$ e $t < 1,5s$	850
$t \geq 1,5s$	974

Figura 4.14: Formulário de Proteções

4.2 Validação da Aplicação

Nesta secção, pretende-se validar a viabilidade do modelo e aplicação através:

- dos resultados da redução de alarmes;
- dos resultados obtidos *versus* resultados padrão;
- e do impacto da aplicação do algoritmo na qualidade da informação disponibilizada pelo SCADA da EDP Distribuição.

4.2.1 Resultados da Redução de Alarmes

Aqui serão apresentadas quatro imagens ilustrativas daquilo que é o principal objetivo dos alarmes inteligentes: reduzir significativamente a informação presente aos operadores, passando por ocultar determinados alarmes no SCADA e, por essa via, ao operador.

Assim, e em primeiro lugar, na figura 4.15, apresentou-se um gráfico de barras que, para cada hora do intervalo de tempo abrangido pelo *GONG*, apresenta quatro barras. A identificação de cada barra está devidamente identificada e descrita na legenda da figura.

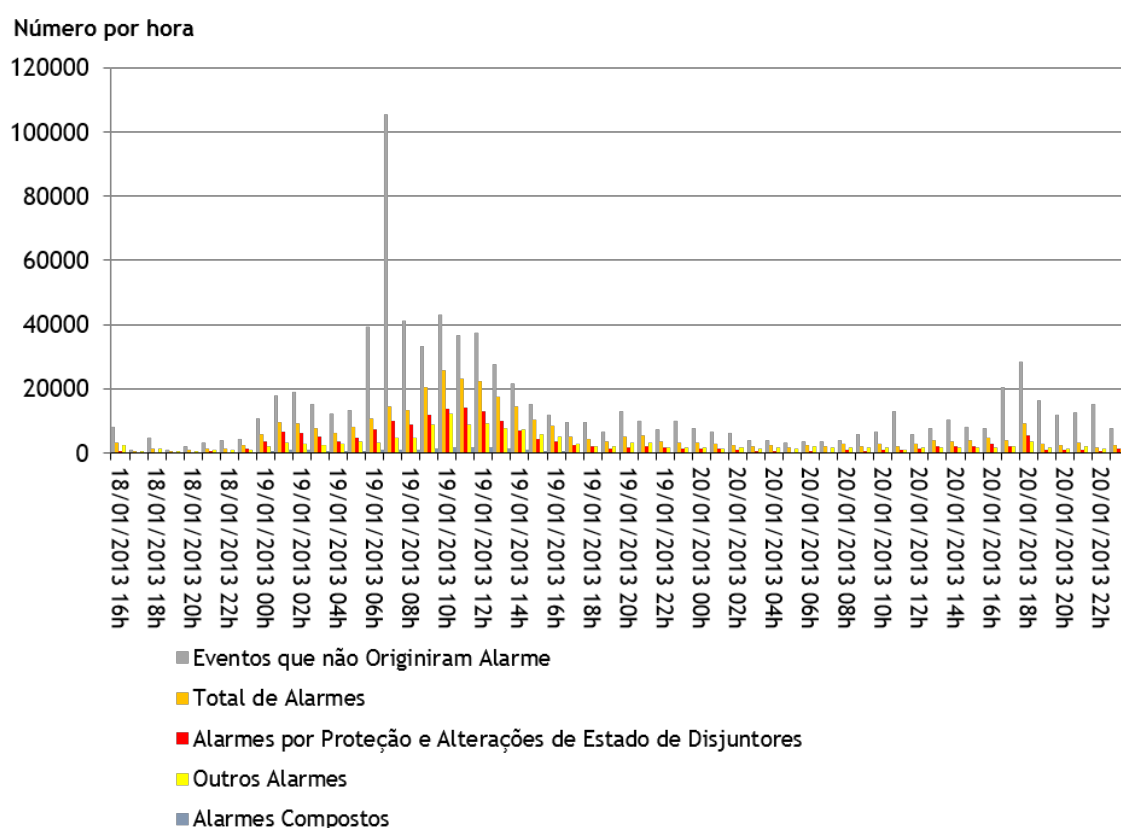


Figura 4.15: Gráfico de barras relativo à comparação, por hora, entre o número de eventos que não originaram alarme, o número de alarmes por proteção e alterações de estado de disjuntores, o número de outros alarmes, o número total de alarmes e o número de alarmes compostos

Como pode ser observável na figura 4.15, é perceptível o nervosismo do atual sistema SCADA que, acompanhando a gravidade da tempestade, apresentou o pior desempenho entre a meia-noite do dia dezanove e as vinte horas do mesmo dia.

Contudo, de modo a criar outra visão do gráfico ilustrado na figura 4.16, decidiu-se, desta vez, na figura 4.16, apresentar para cada hora as quatro barras empilhadas, ao invés barras independentes já ilustradas.

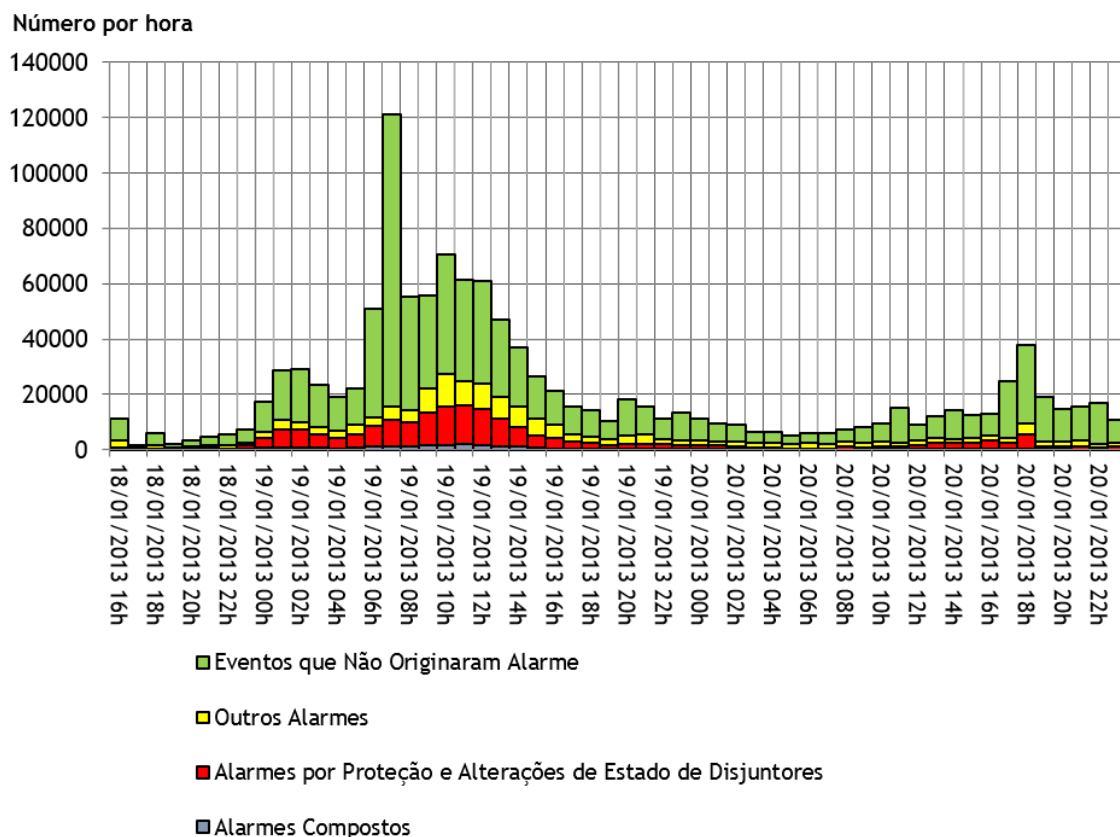


Figura 4.16: Gráfico empilhado relativo à comparação, por hora, entre o número de eventos que não originaram alarme, o número de alarmes por proteção e alterações de estado de disjuntores, o número de outros alarmes e o número de alarmes compostos

Assim, é mais notória a distribuição por hora e por topologia de alarme. Verifica-se que as quatro topologias acompanham a evolução da tempestade ao longo das cinquenta e seis horas, à semelhança da figura 4.15. Porém, esta evolução encontra-se aqui com visual mais limpo e agradável.

De realçar o facto da topologia *Alarmes Compostos*, representada a azul em ambas as figuras 4.16 e 4.17, ser diminuta e, por essa via, irrelevante face às restantes topologias, como era pretendido. Neste sentido, visto não ser muito perceptível a presença do número de alarmes compostos nos gráficos anteriores, decidiu-se comparar agora apenas duas topologias. A dos *Alarmes Compostos* e a topologia *Alarmes por Proteção e Alterações de Estado de Disjuntores*. A figura que apresenta o gráfico em causa, está ilustrada em 4.17.

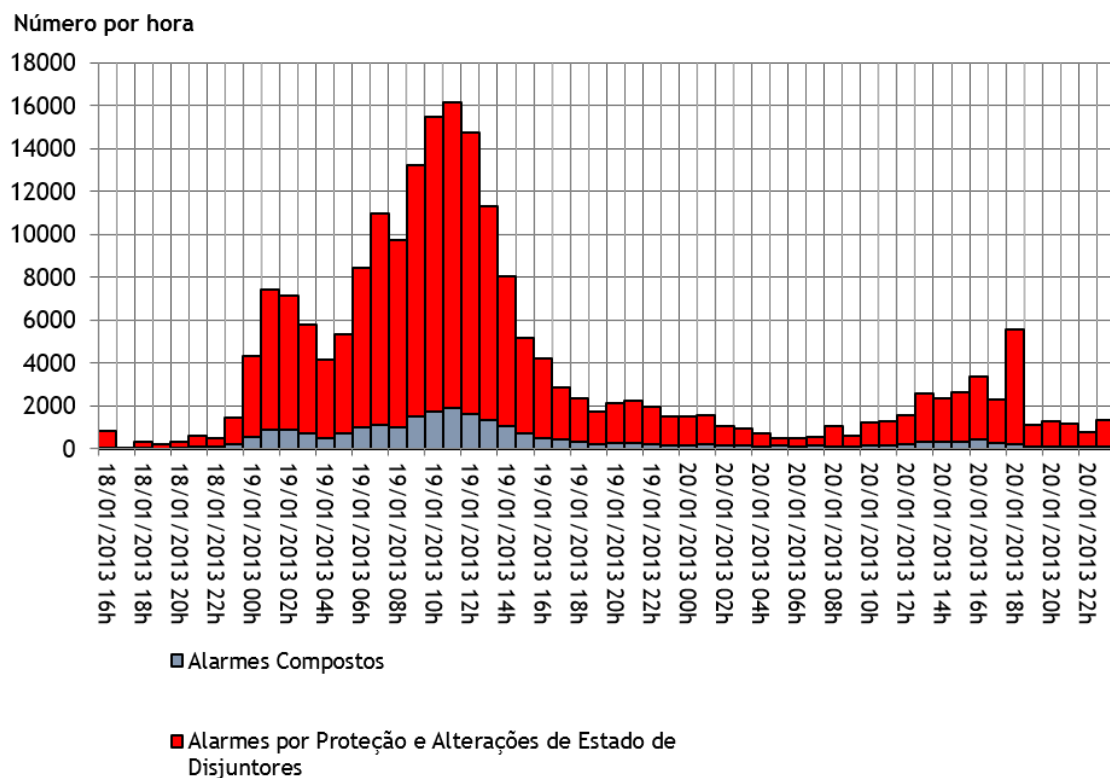


Figura 4.17: Gráfico empilhado relativo à comparação, por hora, entre o número de alarmes por proteção e alterações de estado de disjuntores e o número de alarmes compostos

No fundo, este gráfico representa o resultado do algoritmo desenvolvido, ou seja, a atenuação de alarmes sentida após a execução do modelo. Deste modo, para cada hora, a redução de alarmes realizada foi igual à diferença entre o número de alarmes compostos, e o número de alarmes por proteção mais o número de alterações de estado de disjuntores. Graficamente essa diferença é representada pela subtração das barras coloridas a vermelho com as pintadas a azul.

Atente-se agora na figura 4.18, onde são comparadas mais duas topologias de alarme.

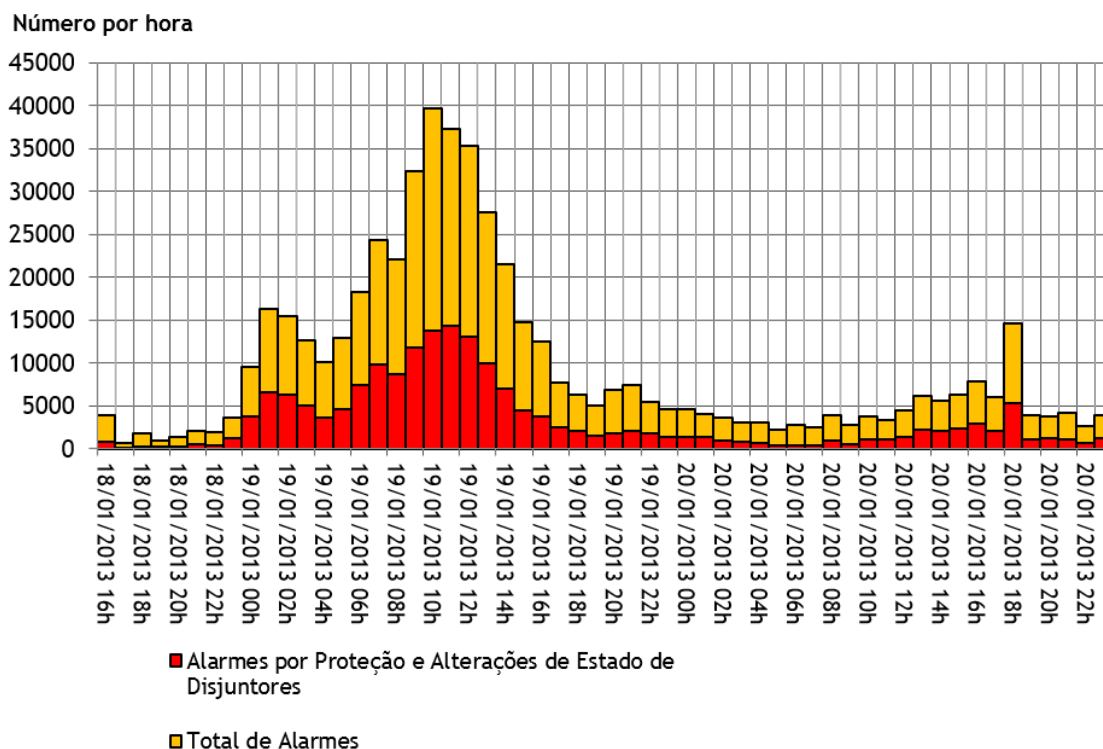


Figura 4.18: Gráfico empilhado relativo à comparação, por hora, entre o número de alarmes por proteção e alterações de estado de disjuntores e o número total de alarmes

Nesta figura, é extremamente perceptível a gravidade das barras coloridas a vermelho, percebendo-se, uma vez mais, o porquê desta dissertação e, por essa via, do algoritmo estar apenas relacionado com disparos em disjuntores e com proteções que lhe estão associadas. Assim, verificando que a mancha vermelha ocupa grande parte percentil da mancha laranja, e que os disparos são o alarme mais importante na tomada de decisão de qualquer operador, pois pretende-se ao máximo minimizar a energia não fornecida, percebe-se o porquê de, nesta dissertação, se limitar a dar ênfase ao algoritmo que correlaciona os alarmes por proteção com disparos de disjuntores. Este de facto, teria que ser o primeiro passo na nova era SCADA.

Os resultados totais para cada topologia de alarme estão apresentados na tabela 4.1.

Tabela 4.1: Resultados totais obtidos para cada topologia de alarme

	# AP+AAED	# OA	# ENOA	# AC
total	183997	162302	817425	24148
total alarmes	346299			
%	53,13%	46,87%		6,56%
total eventos	1163724			
%	15,8%	13,9%	70,3%	

Como se pode observar, os alarmes por proteção e alterações de estado de disjuntores ocupam cinquenta e três por cento do total de alarmes. São estes alarmes que irão ser substituídos pelos respetivos alarmes compostos formados. Assim, ao invés de se mostrarem os cento e oitenta e três mil novecentos e noventa e sete alarmes, serão mostrados apenas os vinte e quatro mil cento e quarenta e oito alarmes inteligentes, escondendo os anteriores sob a forma de alarme composto, aproximadamente sete por cento dos alarmes anteriores. Para esse cálculo efetuou-se a percentagem de alarmes compostos face à totalidade de alarmes da topologia *AP+AAED* e dividiu-se por dois, já que dois alarmes compostos formam um par *Disparo – Religação* e, tanto o disparo como a respetiva religação, detêm os mesmos eventos escondidos. Em termos práticos, a redução do número de registo foi de um para quinze, bastando para isso dividir o número total de alarmes por proteção e alterações de estado de disjuntores pelo número de alarmes compostos divididos por dois.

Contudo, este resultado não revela vantagens apenas pela redução da quantidade de informação presente no SCADA, mas também por poupar o operador de perder tempo com informação teoricamente desnecessária para o efeito. Pois, ao retirar da sua vista aquela quantidade enorme de proteções atuadas e definido, por defeito, um segundo como o tempo despendido na leitura do alarme, durante todo o *GONG* poupavam-se mais de dois dias de trabalho a um só operador, como mostra a equação 4.1.

$$\frac{1 \times 183997}{60 \times 60} \simeq 51h \quad (4.1)$$

Este resultado, persi, não considera o facto de dois operadores verem o mesmo alarme, pois caso isso acontecesse o tempo despendido com informação desnecessária seria tanto maior quanto maior fosse o número de operadores a vê-lo.

Em suma, os resultados da redução de alarmes revelaram-se, além de muito positivos, bastante importantes, na medida em que conferiram ao modelo desenvolvido aquilo que este deveria realizar: a atenuação de alarmes no SCADA da EDIS, validando, neste e só neste sentido o algoritmo.

Por fim, de notar que os dados que deram origem aos gráficos apresentados nas figuras 4.16, 4.17, 4.18, 4.15 e à tabela 4.1 encontram-se tabelados no anexo A.1. Por sua vez, estes dados originadores das tabelas foram obtidos através de sucessivas *queries*, por hora, *EVDATE*, por *TAGI* e por valor de *LOGTYPE* e *STYPE*, à tabela resultante da *query* 3.5 e à tabela 3.31.

4.2.2 Resultados Obtidos *versus* Resultados Padrão

O segundo elemento de validação do algoritmo é a comparação dos resultados obtidos, nomeadamente do número de disparos por proteção, religações automáticas, religações manuais e religações totais obtidas por distrito, com um estudo já existente do temporal *GONG*, outrora efetuado pelo Eng. Pedro Dias da EDIS, denominado aqui de *resultados padrão*.

Assim, de forma a realizar uma comparação de excelência, decidiu-se realizar três comparações. Uma comparação por centro de condução, mais granular, e uma comparação mais global, a nível nacional, somando os resultados obtidos de ambos os CC, denominada por SCADA Norte+SCADA Sul. Note-se, contudo, que este SCADA é virtual, apenas foi apelidado por questões de coerência lógica, como se irá ver a seguir.

Note-se que os dois CC a nível nacional detêm um SCADA cada, estando localizados no Porto e em Lisboa respetivamente. O SCADA do Porto é o SCADA Norte e o SCADA de Lisboa, como seria expectável, foi batizado como SCADA Sul.

Ambos os SCADAs envolvem regiões diferentes do país, pelo que a tabela 4.2 pretende demonstrar que regiões ou distritos envolvem cada SCADA.

Tabela 4.2: Distritos que envolvem o SCADA norte e o SCADA sul

ID	Distrito	
	SCADA norte	SCADA sul
1	Viana do Castelo	Leiria
2	Bragança	Santarém
3	Braga	Portalegre
4	Vila Real	Lisboa
5	Porto	Setúbal
6	Aveiro	Beja
7	Viseu	Évora
8	Guarda	Faro
9	Coimbra	
10	Castelo Branco	

Como é visível, o SCADA Norte envolve mais dois distritos que o SCADA Sul, sendo, desta forma, teoricamente maior. Como seria natural, o número distritos per fez um total de dezoito.

Posto isto, para cada uma das comparações 4.2.2.1, SCADAsul e 4.2.2.3 apresentar-se-ão quatro gráficos, cada um deles relativo à comparação de uma única entidade. Desta forma, para cada uma das três comparações, o primeiro gráfico será sempre a comparação entre o número de disparos por proteções obtidos; o segundo gráfico será sempre a comparação entre o número de religações automáticas obtidas, seguindo-se o gráfico relativo à comparação entre os números de religações manuais encontradas. Por fim, no quarto e último gráfico aparecerá sempre a comparação entre o total de religações obtidas, automáticas mais manuais. Depois de apresentados os gráficos irá surgir uma tabela que compila a soma dos resultados e apresenta, para cada comparação e cada entidade, o erro absoluto e relativo dos resultados obtidos face aos resultados padrão.

4.2.2.1 SCADA Norte

Os resultados obtidos no SCADA Norte foram os apresentados nas figuras 4.19, 4.20, 4.21 e 4.22.

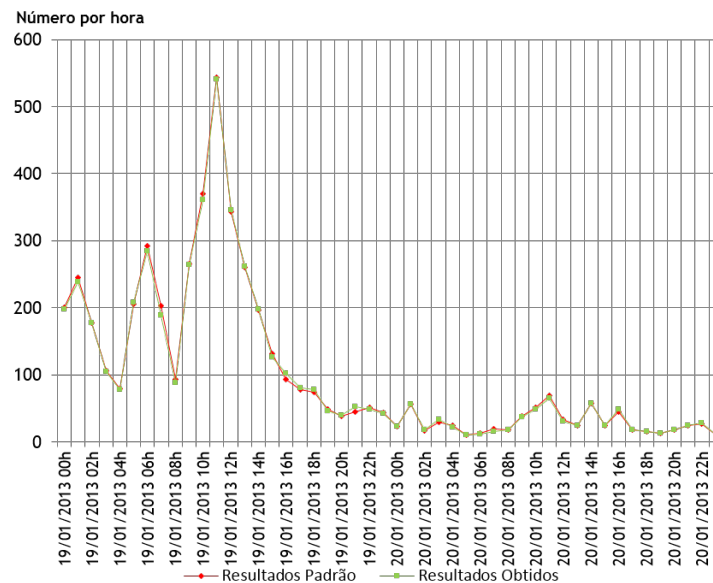


Figura 4.19: Gráfico de linhas relativo à comparação, por hora, entre o número de disparos por proteções obtidos, no SCADA norte, e o respectivo resultado padrão

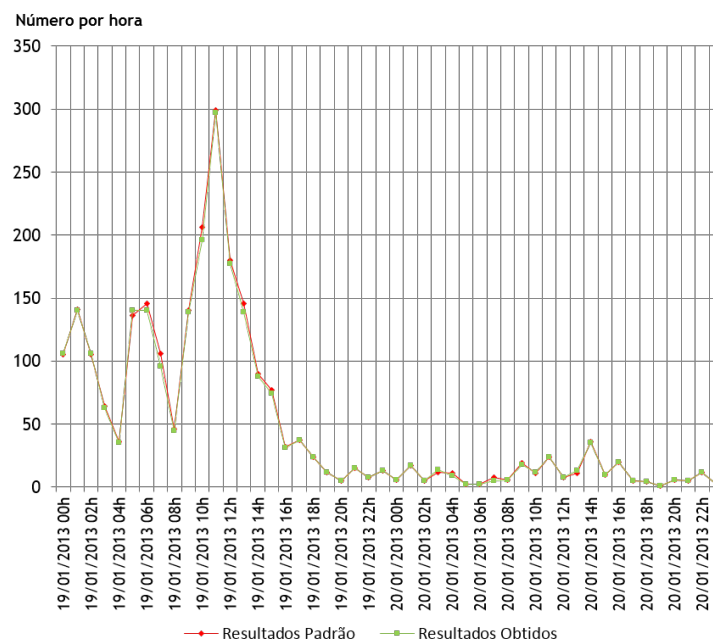


Figura 4.20: Gráfico de linhas relativo à comparação, por hora, entre o número de religações automáticas obtidas, no SCADA norte, e o respectivo resultado padrão

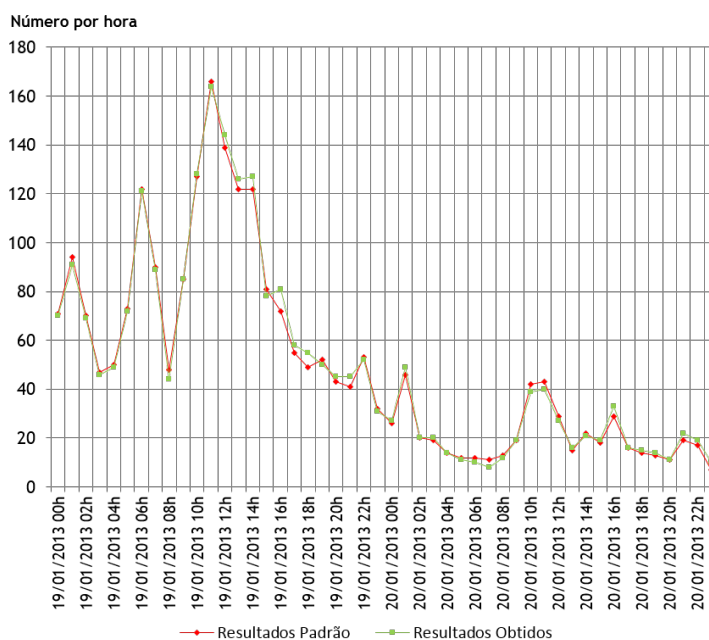


Figura 4.21: Gráfico de linhas relativo à comparação, por hora, entre o número de ligações manuais obtidas, no SCADA norte, e o respectivo resultado padrão

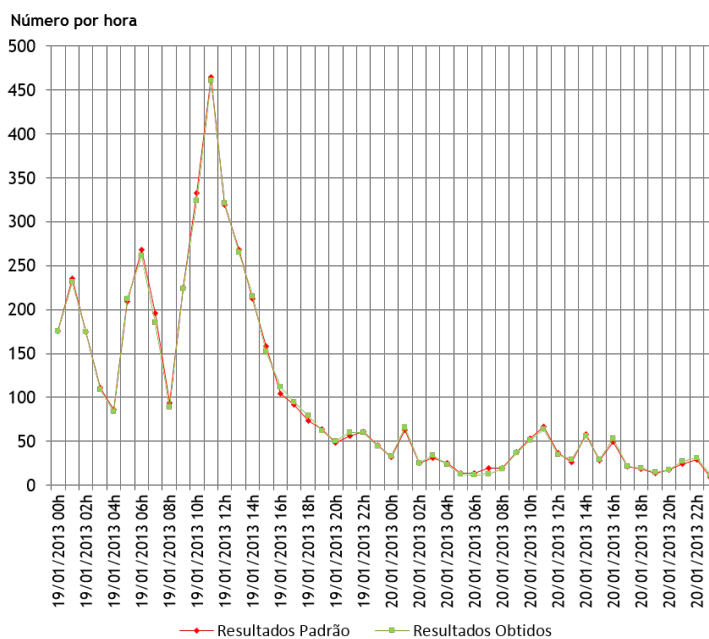


Figura 4.22: Gráfico de linhas relativo à comparação, por hora, entre o número de ligações obtidas, no SCADA norte, e o respectivo resultado padrão

Os erros absolutos e relativos das entidades em comparação estão apresentadas na tabela 4.3.

Tabela 4.3: Erro absoluto e relativo dos resultados obtidos, no SCADA norte, relativamente aos resultados padrão

erro absoluto e relativo	# DPR	# RA	# RM	# RA+RM
total padrão	4865	2412	2391	4803
total obtido	4827	2367	2412	4779
$ \Delta\epsilon = \text{total padrão} - \text{total obtido} $	38	45	21	24
$\epsilon(\%) = \frac{ \Delta\epsilon }{\text{total padrão}}$	0,78%	1,87%	0,88%	0,50%

Como se pôde observar na tabela 4.3 e nos gráficos apresentados nas figuras 4.19, 4.20, 4.21 e 4.22, as diferenças, para o SCADA Norte, revelaram-se escassas, havendo quase sempre sintonia em todo o período horário em análise.

4.2.2.2 SCADA Sul

Os resultados obtidos, para o SCADA Sul, foram os apresentados nas figuras 4.23, 4.24, 4.25 e 4.26.

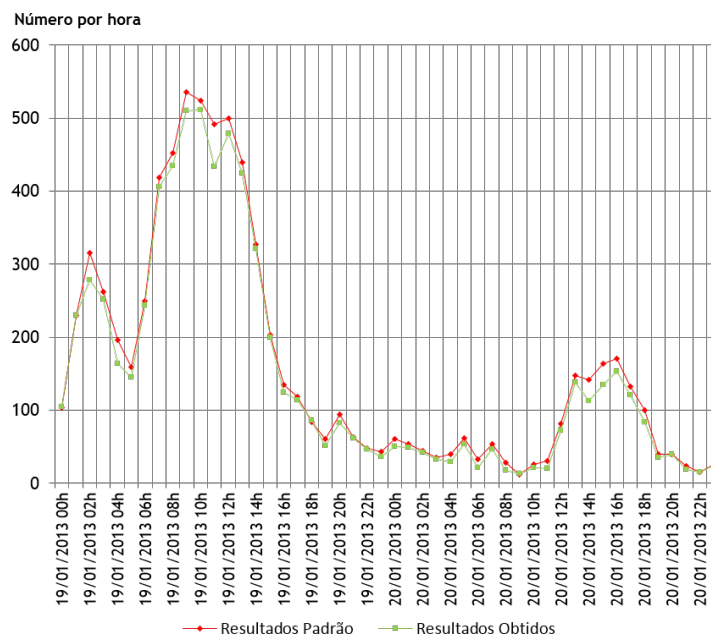


Figura 4.23: Gráfico de linhas relativo à comparação, por hora, entre o número de disparos por proteções obtidos, no SCADA sul, e o respetivo resultado padrão

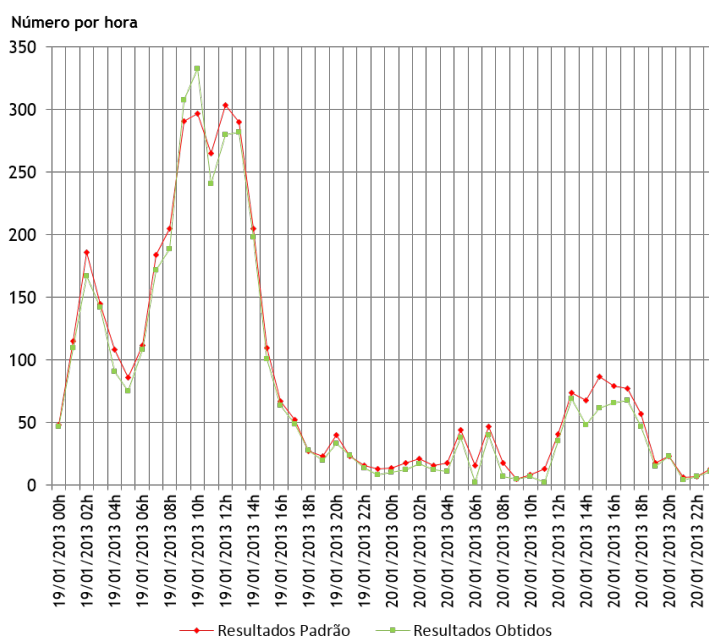


Figura 4.24: Gráfico de linhas relativo à comparação, por hora, entre o número de religações automáticas obtidas, no SCADA sul, e o respectivo resultado padrão

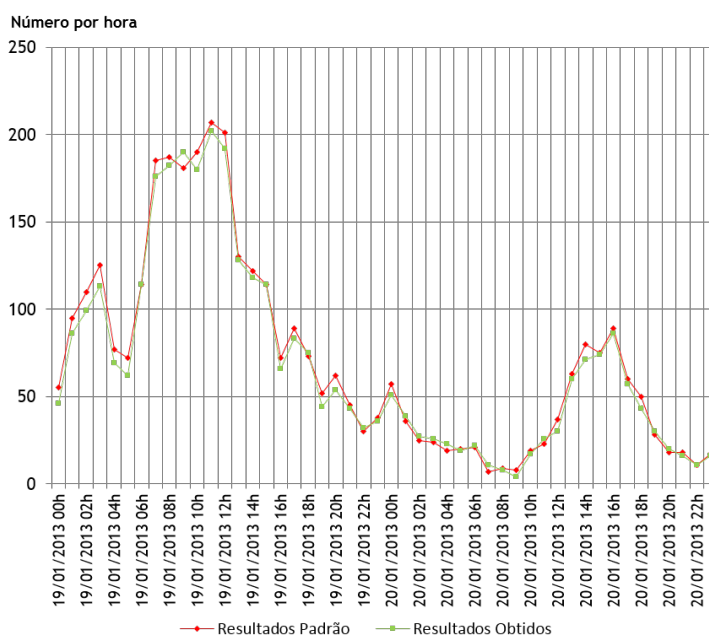


Figura 4.25: Gráfico de linhas relativo à comparação, por hora, entre o número de religações manuais obtidas, no SCADA sul, e o respectivo resultado padrão

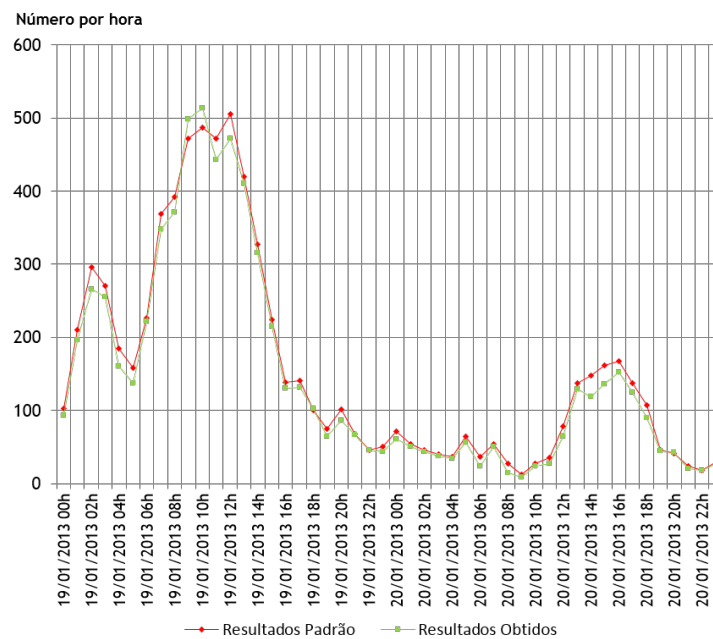


Figura 4.26: Gráfico de linhas relativo à comparação, por hora, entre o número de religações obtidas, no SCADA sul, e o respetivo resultado padrão

Por sua vez, os erros absolutos e relativos das entidades em comparação estão apresentadas na tabela 4.4.

Tabela 4.4: Erro absoluto e relativo dos resultados obtidos, no SCADA sul, relativamente aos resultados padrão

erro absoluto e relativo	# DPR	# RA	# RM	# RA+RM
total padrão	7601	4000	3440	7440
total obtido	7079	3702	3291	6993
$ \Delta\epsilon = \text{total padrão} - \text{total obtido} $	522	298	149	447
$\epsilon(\%) = \frac{ \Delta\epsilon }{\text{total padrão}}$	6,87%	7,45%	4,33%	6,01%

Aqui, como é visível, a diferença apresentada relativamente aos resultados padrão foi mais nítida, quando comparado com o que havia acontecido no SCADA Norte. Contudo, pelos valores apresentados na tabela 4.4, nota-se que a diferença ainda assim foi pequena.

4.2.2.3 SCADA Norte + SCADA Sul

Por último, relativamente à comparação global, isto é, agrupando os dois centros de condução, norte e sul, os resultados obtidos foram os apresentados nas figuras 4.27, 4.28, 4.29 e 4.30.

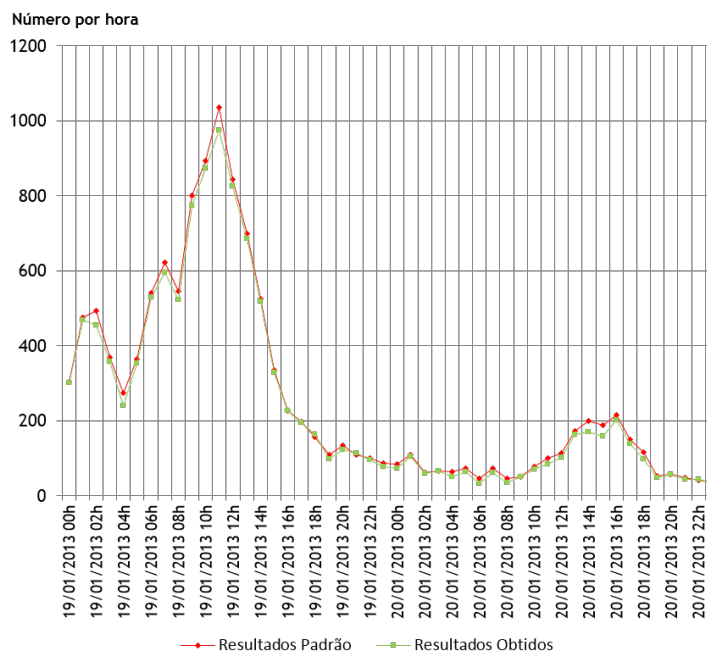


Figura 4.27: Gráfico de linhas relativo à comparação, por hora, entre o número de disparos por proteções obtidos, no SCADA nacional, e o respectivo resultado padrão

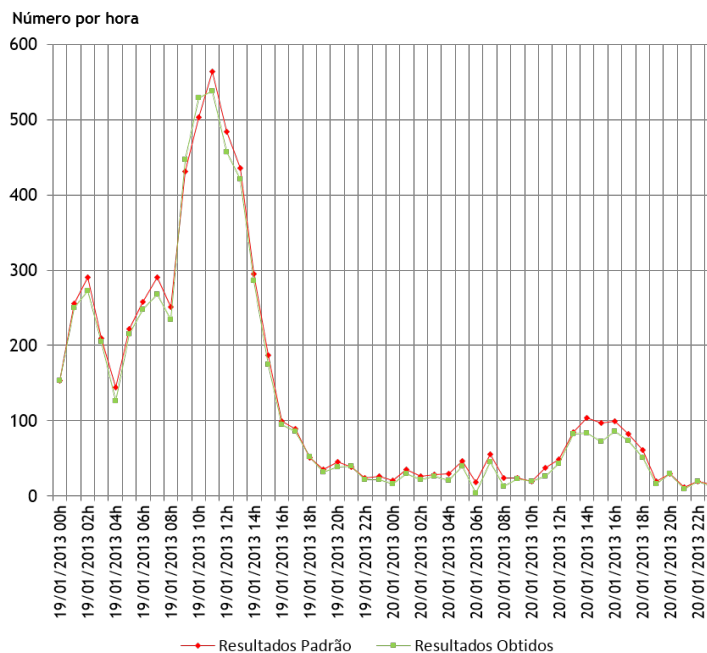


Figura 4.28: Gráfico de linhas relativo à comparação, por hora, entre o número de religações automáticas obtidas, no SCADA nacional, e o respectivo resultado padrão

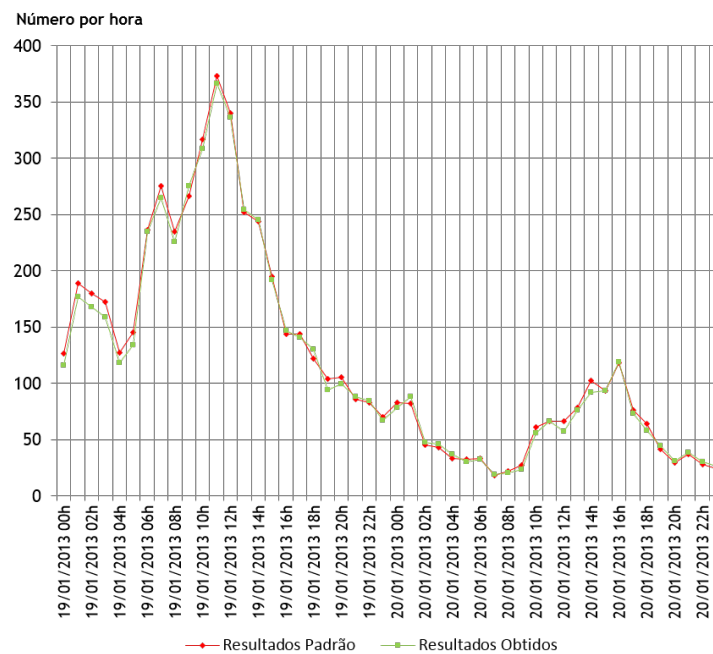


Figura 4.29: Gráfico de linhas relativo à comparação, por hora, entre o número de ligações manuais obtidas, no SCADA nacional, e o respetivo resultado padrão

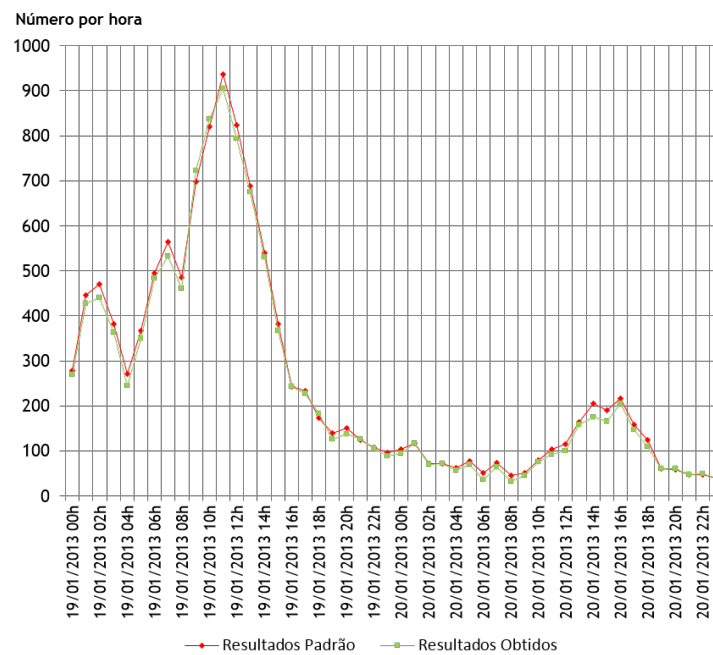


Figura 4.30: Gráfico de linhas relativo à comparação, por hora, entre o número de ligações obtidas, no SCADA nacional, e o respetivo resultado padrão

No que remete aos erros absolutos e relativos associados às entidades comparadas, obtiveram-se, para o SCADA Norte + SCADA Sul, os valores apresentados na tabela 4.5.

Tabela 4.5: Erro absoluto e relativo dos resultados obtidos, no SCADA Norte + SCADA Sul, relativamente aos resultados padrão

erro absoluto e relativo	# DPR	# RA	# RM	# RA+RM
total padrão	12466	6412	5831	12243
total obtido	11906	6069	5703	11722
$ \Delta\epsilon = \text{total padrão} - \text{total obtido} $	560	343	128	471
$\epsilon(\%) = \frac{ \Delta\epsilon }{\text{total padrão}}$	4,49%	5,35%	2,20%	3,85%

Como é notório, pelos valores percentuais apresentados na tabela 4.5, verificou-se, aglomerando os resultados de ambos os CC, uma partilha do erro do SCADA Norte, 4.2.2.1, com o erro obtido no SCADA Sul, 4.2.2.2, permanecendo o erro global agora, para qualquer entidade comparada, maior do que o erro apresentado no SCADA Norte e menor que o erro apresentado no SCADA Sul, porém sempre abaixo dos cinco pontos percentuais.

4.2.2.4 Classificação dos Alarmes Compostos

Agora, considerando-se como corretos os valores padrão, efetuou-se um outro estudo. Desta vez pretendeu-se descobrir qual o número e percentagem, em relação ao total de alarmes compostos encontrados, que foram correta e erroneamente classificados. Aqui, ainda se determinou o número de alarmes compostos não identificados, e a sua respetiva percentagem agora relativa ao total de alarmes compostos do resultado padrão.

Antes de calcular os valores no parágrafo anterior referidos, conferiram-se, aos alarmes compostos *Corretamente Classificados*, *Erroneamente Classificados* e *Não Identificados*, as seguintes definições:

- Corretamente Classificados – Os alarmes compostos corretamente classificados são todos aqueles comuns entre os resultados obtidos e os resultados padrão. Isto é, para cada hora, se o número de alarmes compostos do resultado padrão for inferior ou igual ao número de alarmes compostos obtidos, o valor de alarmes compostos corretamente classificados será sempre igual ao número de alarmes compostos do resultado padrão. Pelo contrário, se o valor padrão for superior ao valor obtido, o número de alarmes compostos corretamente classificados será sempre igual ao valor obtido. O valor e resultado total será a soma dos valores obtidos para cada hora;
- Erroneamente Classificados – Os alarmes compostos erroneamente classificados são todos aqueles que, nos resultados obtidos, não constaram como presentes nos respetivos resultados padrão. Isto acontece quando o valor do resultado obtido é maior do que o resultado padrão. Sendo assim, o valor de alarmes compostos erroneamente classificados é dado pelo resultado

da soma das diferenças, apenas quando positivas, para cada hora, entre o valor do resultado obtido e o respetivo valor padrão;

- Não Identificados – Os alarmes compostos não identificados são todos aqueles que, nos resultados obtidos não constaram como presentes, estando assim em falta em relação ao resultado padrão. Este valor é resultado da soma das diferenças, apenas quando positivas, para cada hora, entre o valor do resultado padrão e o respetivo valor aqui obtido.

Tal e qual como aconteceu nas comparações realizadas em 4.2.2.1 e 4.2.2.2, aqui também se optou por efetuar a distinção entre os dois SCADAs e por fim, terminou-se efetuando a soma dos dois resultados obtidos, desta vez perfazendo o total nacional.

Tabela 4.6: Classificação dos alarmes compostos

		#CClass	#EClass	#NI
SCADA Norte	total	4708	71	95
	total obtido	4779		total padrão 4803
	%	98,51%	1,49%	1,98%
SCADA SUL	total	6902	91	538
	total obtido	6993		total padrão 7440
	%	98,7%	1,30%	7,23%
SCADA Norte + SCADA Sul	total	11610	162	633
	total obtido	11722		total padrão 12243
	%	98,62%	1,38%	5,17%

No que remete às razões da diferença entre ambos os resultados, para as três comparações, e aos motivos para os valores presentes na tabela 4.6, não há uma explicação imediata e concreta. Contudo, podem-se referir algumas razões que possam eventualmente estar por detrás da diferença sentida. A primeira prende-se com os algoritmos usados em ambos os estudos, que certamente não foram iguais. A segunda está relacionada com as temporizações definidas na tabela 3.29 que foram, também elas, muito provavelmente diferentes. Por outro lado, o facto da tabela T_EVENT_LOG_GONG, o *input* inicial presente na primeira *query* realizada, 3.5, não ter sido exatamente igual para ambos os resultados poderá também ter influenciado e provocado uma ligeira diferença na comparação das duas soluções. Por último, uma filtragem mais vincada de eventos inválidos e datações erradas, ora na unidade remota ora à chegada ao sistema, à tabela inicial, poderá, a par dos três motivos mencionados acima, também estar na origem da diferença constatada. No entanto, no cômputo geral, a diferença foi aceitável pelo que foi alvo do aval por parte da EDP.

Por fim, relativamente à comparação persi, 4.2.2, entre os resultados obtidos e os resultados padrão, esta revelou-se extremamente interessante e útil à EDIS, já que validou os resultados originados pelo algoritmo em 3 desenvolvido. Caso contrário, seria difícil avaliar a credibilidade dos resultados obtidos e dessa forma, continuaria a haver receio numa eventual aplicação de alarmes inteligentes no SCADA da EDIS.

4.2.3 Impacto da Aplicação do Algoritmo na Qualidade da Informação Disponibilizada pelo SCADA da EDP Distribuição

Apesar das duas anteriores validações bem sucedidas, nomeadamente as presentes em 4.2.1 e 4.2.2, ainda não se verificou se há perigo ou não, para o operador, a ocultação em vista colapsada, dos alarmes escondidos. Isto é algo de novo e nunca realizado outrora, daí ter dado origem ao título desta dissertação e ser, para a EDP, um aspeto crucial que pretende aqui ser validado. Desta forma, o terceiro e último elemento de validação do algoritmo prende-se com o impacto da ação deliberada de ocultar alarmes sob a forma de alarmes compostos.

Este impacto foi medido consoante os resultados obtidos na simulação, efetuada em 3.3, e visa averiguar, ao fim da mesma, se o número de eventos que surgiram coloridos a laranja foi significativo face às restantes cores, ver tabela 3.57. Assim, estudou-se a normalização dos alarmes escondidos, e foi determinado qual a percentagem de alarmes que apenas normalizou ao fim de x segundos, pintados a laranja, mesmo depois do disjuntor ter religado. Depois, perante esse número, analisou-se a credibilidade do algoritmo. De notar que estes x segundos, pretendem mensurar o limite de aceitação da normalização de um evento escondido, pois considera-se que ao normalizar antes dos tais x segundos, a normalização foi bem sucedida.

O resultados obtidos encontram-se na tabela 4.7.

Tabela 4.7: Número e percentagem, relativamente ao total, de proteções que não normalizaram no tempo expectável

Alarmes Compostos	Coloridos a laranja	%
24148	233	0,96

Como pode ser observado na tabela 4.7, depois de realizada a simulação obtiveram-se, nos vinte e quatro mil cento e quarenta e oito alarmes compostos, duzentos e trinta e três linhas coloridas a laranja, perfazendo uma percentagem arredondada de um ponto percentual, relativamente ao total obtido. Isto significa, que em todos esses alarmes compostos, houve pelo menos uma proteção que não normalizou no tempo expectável, daí merecer a sua cor alaranjada. No que concerne ao resultado obtido, este foi positivo já que estava mereceu o aval da EDP.

4.3 Resumo e Conclusões

Mais importante que o desenvolvimento de um algoritmo ou aplicação, é saber se os resultados através dele produzidos são válidos. E este capítulo pretendeu isso mesmo. Assim, enquanto a primeira secção demonstrou os ótimos resultados obtidos, aplicando ao algoritmo desenvolvido o caso em estudo, a segunda secção tencionou validar os mesmos resultados através de dois pontos, conferindo-lhe desse modo viabilidade total para uma futura aplicação prática em tempo real.

Note-se que todos os gráficos presentes neste capítulo foram obtidos graças ao MOE que, mais uma vez, mostrou-se ser uma ferramenta poderosa na demonstração de resultados.

“Success is a science. If you have the conditions, you get the result.”

Oscar Wilde

Capítulo 5

Conclusão

A necessidade de preservar a continuidade de serviço e garantir a qualidade do fornecimento de energia aos consumidores, por sua vez ligados a um sistema de energia elétrica, torna fulcral a rapidez e a precisão na tomada de decisão de um determinado operador. Assim, a obtenção de diagnósticos por parte dos operadores pode ser bastante complexa, mesmo tendo ao seu dispor uma série de esquemas de hierarquização na apresentação dos eventos recebidos, para além de outras estratégias de interface gráfica. Porém, esta complexidade ainda se pode agravar, nomeadamente quando, perante a ocorrência de distúrbios na rede, o volume de informações a analisar aumenta desenfreadamente, transformando-se, num ápice, de tratável para intratável. Assim, como a não continuidade de serviço pode atingir custos elevadíssimos, dependendo também de que cliente se trata, é extremamente necessário reduzir informação que teoricamente não seja tão importante, porque, se em alturas de incidente o número de eventos é bastante alto, e por si só já é difícil o seu tratamento, a presença de alarmes que podiam ser ocultados ou até mesmo retirados ainda atrasa mais a decisão do operador que, sentindo-se na obrigação de atuar o mais rápido possível, poderá ser levado a não optar pela melhor decisão.

Na tentativa de combater o problema da elevada informação presente a um operador, este trabalho desenvolveu um modelo computacional, baseado num algoritmo, que consiste basicamente em encontrar todos os pares *Disparo – Religação*, isto é, para cada painel, e para cada disparo, encontrar a religação imediatamente posterior. De seguida, procura para esse painel e para esse disparo, qual o disparo imediatamente seguinte, ou seja, a nova alteração de estado do disjuntor, após a religação anterior encontrada. Por fim, vê os alarmes por proteção que ocorreram, para o mesmo painel, entre os dois disparos consecutivos. Esses serão os alarmes a esconder sob a forma de alarme composto, tanto no disparo como na própria religação. De realçar que este modelo foi colocado sob a alçada de uma aplicação gráfica, que mesmo não sendo objetivo inicial, decidiu-se desenvolvê-la, conferindo assim estatísticas numéricas e geográficas aos resultados obtidos, objeto de aplauso por parte da EDP. Outro aspeto relevante da aplicação é a sua dinâmica e versatilidade, que preparada para receber qualquer lote de eventos SCADA/DMS da EDIS, produz um estudo detalhado dos eventos, semelhante ao que foi aqui apresentado. Por fim, e ainda na aplicação, realizou-se uma simulação que, estudando a normalização da informação escondida, verifica qual

a percentagem que apenas normalizou ao fim de x segundos, mesmo depois do disjuntor ter religado. Este estudo, para além dos bons resultados que já se vinham a ter em 4, nomeadamente no sucesso das comparações com os resultados padrão, foi importantíssimo para o triunfo deste modelo, já que mediu com êxito, menos de 1%, o impacto de esconder informação ao operador. Assim, avalia-se positivamente a credibilidade de, num futuro próximo, se assistir a uma nova era SCADA na EDP. De notar que esta simulação, para efetuar este estudo de normalização de alarmes escondidos, recorreu a uma imitação do funcionamento real de um SCADA, procurando simular aquilo que efetivamente aconteceria caso os eventos a ser tratados pelo algoritmo estivessem a ocorrer em tempo real, conferindo, por esta via, realidade ao modelo implementado.

No que remete a problemas ocorridos durante o desenvolvimento do algoritmo, destaca-se a dificuldade em tratar demasiada informação, e essencialmente padrões corrompidos, que devido a eventuais falhas de comunicação ocorridas, de natureza à priori desconhecidas, tornam muito difícil a sua identificação.

5.1 Trabalhos Futuros

O temática abordada e apresentada nesta dissertação, surge com um rótulo de ser bastante recente e, como consequência, alvo de pouco estudo. Assim, e depois de um trabalho extenso como o que foi aqui apresentado, surgem naturalmente novas metas e novos objetivos do que aqueles estipulados à priori.

Assim, atentando no trabalho que foi desenvolvido nesta dissertação, e tentando perceber como é que seria possível melhorá-lo, tornando-o mais completo, ou apenas mais preciso, destacam-se alguns pontos de interesse aos quais, em trabalhos futuros, seria de relevância dar continuidade:

- Melhorar o algoritmo desenvolvido – Criando mais robustez no que concerne à filtragem de eventos desnecessários e evitar, a todo o custo, a não identificação de padrões;
- Construir novos algoritmos de correlacionamento de alarmes;
- Aplicar técnicas de IA aos alarmes – Tentar, por exemplo, evitar que sempre que um disjuntor MAT da REN dispare, gere para todas as URTAs da EDP, que estejam ao abrigo dessa zona, um alarme no SCADA/DMS por falta de tensão. Contudo, como a configuração da rede é diferente a cada momento, seria necessário aplicar algoritmos de treino de modo a que o sistema passasse a realizar raciocínio intuitivo.

Por último, e depois de mais alguns testes, seria a implementação do modelo aqui desenvolvido no atual SCADA da EDIS, dando início à nova era inteligente do SCADA. Todavia, para a sua implementação teriam que ser estudados algoritmos adaptado para tratamento de informação em tempo real. Um *buffer*, por exemplo, teria que ser uma prioridade, já que como se trata de um algoritmo de espera, teria que haver, antes do correlacionamento de alarmes, o armazenamento de informação.

Anexo A

Resultados

A.1 Resultados da Redução de Alarmes

Tabela A.1: Resultados da Redução de Alarmes, parte 1/3

Data	# AP+AAED	# OA	# ENOA
18/01/2013 16h	748	2424	8065
18/01/2013 17h	29	571	1051
18/01/2013 18h	297	1210	4655
18/01/2013 19h	187	563	1101
18/01/2013 20h	282	771	2211
18/01/2013 21h	505	1004	3132
18/01/2013 22h	423	1015	3978
18/01/2013 23h	1274	1122	4550

Tabela A.2: Resultados da Redução de Alarmes, parte 2/3

Data	# AP+AAED	# OA	# ENOA
19/01/2013 00h	3771	1940	10842
19/01/2013 01h	6526	3264	18038
19/01/2013 02h	6263	2899	19167
19/01/2013 03h	5040	2617	15200
19/01/2013 04h	3666	2694	12137
19/01/2013 05h	4649	3583	13314
19/01/2013 06h	7444	3352	39282
19/01/2013 07h	9846	4584	105427
19/01/2013 08h	8744	4603	41084
19/01/2013 09h	11722	8893	33418
19/01/2013 10h	13743	12123	43209
19/01/2013 11h	14290	8741	36511
19/01/2013 12h	13102	9145	37302
19/01/2013 13h	9927	7669	27851
19/01/2013 14h	7006	7489	21624
19/01/2013 15h	4474	5851	15306
19/01/2013 16h	3747	4941	11961
19/01/2013 17h	2424	2852	9681
19/01/2013 18h	2009	2210	9546
19/01/2013 19h	1493	2015	6577
19/01/2013 20h	1849	3126	13185
19/01/2013 21h	2011	3357	10066
19/01/2013 22h	1762	1869	7219
19/01/2013 23h	1354	1911	9954

Tabela A.3: Resultados da Redução de Alarmes, parte 3/3

Data	# AP+AAED	# OA	# ENOA
20/01/2013 00h	1351	1903	7643
20/01/2013 01h	1339	1384	6712
20/01/2013 02h	927	1721	6214
20/01/2013 03h	788	1461	3995
20/01/2013 04h	630	1729	3973
20/01/2013 05h	376	1435	3153
20/01/2013 06h	436	1938	3468
20/01/2013 07h	391	1693	3662
20/01/2013 08h	967	1921	4140
20/01/2013 09h	530	1674	5699
20/01/2013 10h	1089	1628	6725
20/01/2013 11h	1100	1107	12862
20/01/2013 12h	1364	1695	5964
20/01/2013 13h	2261	1591	7788
20/01/2013 14h	2003	1649	10317
20/01/2013 15h	2308	1734	8123
20/01/2013 16h	2958	1881	7708
20/01/2013 17h	2016	2008	20533
20/01/2013 18h	5367	3807	28391
20/01/2013 19h	1027	1800	16224
20/01/2013 20h	1157	1481	12039
20/01/2013 21h	1045	2064	12474
20/01/2013 22h	700	1205	15106
20/01/2013 23h	1260	1385	7868

A.2 Resultados Obtidos *versus* Resultados Padrão

A.2.1 Resultados da Classificação de Alarmes Compostos

Tabela A.4: Resultados Obtidos *versus* Resultados Padrão para o SCADA Norte, parte 1/2

Data	SCADA Norte					
	Resultados Padrão			Resultados Obtidos		
	# DP	RA	# RM	# DP	# RA	# RM
19/01/2013 00h	201	105	71	198	106	70
19/01/2013 01h	245	141	94	239	140	91
19/01/2013 02h	177	105	70	177	106	69
19/01/2013 03h	106	64	47	105	63	46
19/01/2013 04h	79	36	50	78	35	49
19/01/2013 05h	206	136	73	208	140	72
19/01/2013 06h	292	146	122	285	140	121
19/01/2013 07h	203	106	90	189	96	89
19/01/2013 08h	93	46	48	88	45	44
19/01/2013 09h	265	140	85	264	139	85
19/01/2013 10h	370	206	127	361	196	128
19/01/2013 11h	543	299	166	541	297	164
19/01/2013 12h	343	180	139	346	177	144
19/01/2013 13h	260	146	122	261	139	126
19/01/2013 14h	197	90	122	198	88	127
19/01/2013 15h	131	77	81	127	74	78
19/01/2013 16h	93	32	72	102	31	81
19/01/2013 17h	78	37	55	80	37	58
19/01/2013 18h	74	24	49	78	24	55
19/01/2013 19h	49	12	52	46	12	50
19/01/2013 20h	39	5	43	40	5	45
19/01/2013 21h	45	15	41	52	15	45
19/01/2013 22h	51	8	53	49	8	52
19/01/2013 23h	43	13	32	42	13	31

Tabela A.5: Resultados Obtidos *versus* Resultados Padrão para o SCADA Norte, parte 2/2

Data	SCADA Norte					
	Resultados Padrão			Resultados Obtidos		
	# DP	# RA	# RM	# DP	# RA	# RM
20/01/2013 00h	23	6	26	23	6	27
20/01/2013 01h	56	17	46	56	17	49
20/01/2013 02h	17	5	20	18	5	20
20/01/2013 03h	30	12	19	33	14	20
20/01/2013 04h	24	11	14	22	9	14
20/01/2013 05h	11	2	12	11	2	11
20/01/2013 06h	13	2	12	12	2	10
20/01/2013 07h	20	8	11	15	5	8
20/01/2013 08h	18	6	13	18	6	12
20/01/2013 09h	39	19	19	37	18	19
20/01/2013 10h	51	11	42	49	12	39
20/01/2013 11h	69	24	43	65	24	40
20/01/2013 12h	33	8	29	31	8	27
20/01/2013 13h	25	11	15	25	13	16
20/01/2013 14h	58	36	22	58	35	21
20/01/2013 15h	24	10	18	24	10	19
20/01/2013 16h	45	20	29	49	20	33
20/01/2013 17h	18	5	16	18	5	16
20/01/2013 18h	15	4	14	15	4	15
20/01/2013 19h	13	1	13	13	1	14
20/01/2013 20h	18	6	11	18	6	11
20/01/2013 21h	25	5	19	25	5	22
20/01/2013 22h	27	12	17	28	12	19
20/01/2013 23h	10	2	7	10	2	10

Tabela A.6: Resultados Obtidos *versus* Resultados Padrão para o SCADA Sul, parte 1/2

Data	SCADA Sul					
	Resultados Padrão			Resultados Obtidos		
	# DP	# RA	# RM	# DP	# RA	# RM
19/01/2013 00h	103	48	55	104	47	46
19/01/2013 01h	229	115	95	229	110	86
19/01/2013 02h	315	186	110	278	167	99
19/01/2013 03h	262	145	125	252	142	113
19/01/2013 04h	196	108	77	163	91	69
19/01/2013 05h	159	86	72	145	75	62
19/01/2013 06h	249	112	114	244	108	114
19/01/2013 07h	419	184	185	406	172	176
19/01/2013 08h	452	205	187	435	189	182
19/01/2013 09h	536	291	181	510	308	190
19/01/2013 10h	524	297	190	511	333	180
19/01/2013 11h	492	265	207	434	241	202
19/01/2013 12h	500	304	201	479	280	192
19/01/2013 13h	439	290	130	424	282	128
19/01/2013 14h	327	205	122	321	198	118
19/01/2013 15h	203	110	114	200	101	114
19/01/2013 16h	134	67	72	124	64	66
19/01/2013 17h	118	52	89	114	49	83
19/01/2013 18h	83	27	73	86	28	75
19/01/2013 19h	60	23	52	51	20	44
19/01/2013 20h	94	40	62	82	33	54
19/01/2013 21h	63	23	45	62	24	43
19/01/2013 22h	48	16	30	47	14	32

Tabela A.7: Resultados Obtidos *versus* Resultados Padrão para o SCADA Sul, parte 2/2

Data	SCADA Sul					
	Resultados Padrão			Resultados Obtidos		
	# DP	# RA	# RM	# DP	# RA	# RM
20/01/2013 00h	60	14	57	50	10	51
20/01/2013 01h	53	18	36	49	12	39
20/01/2013 02h	44	21	25	42	17	27
20/01/2013 03h	35	16	24	33	12	26
20/01/2013 04h	40	18	19	29	11	23
20/01/2013 05h	61	44	20	53	38	19
20/01/2013 06h	32	16	21	21	2	22
20/01/2013 07h	53	47	7	46	40	11
20/01/2013 08h	28	18	9	17	7	8
20/01/2013 09h	12	5	8	13	5	4
20/01/2013 10h	26	8	19	21	7	17
20/01/2013 11h	30	13	23	20	2	26
20/01/2013 12h	81	41	37	72	35	30
20/01/2013 13h	147	74	63	138	69	60
20/01/2013 14h	141	68	80	113	48	71
20/01/2013 15h	163	87	75	135	62	74
20/01/2013 16h	171	79	89	153	66	86
20/01/2013 17h	132	77	60	121	68	57
20/01/2013 18h	100	57	50	83	47	43
20/01/2013 19h	40	18	28	35	15	30
20/01/2013 20h	40	23	18	40	23	20
20/01/2013 21h	23	6	18	19	4	16
20/01/2013 22h	15	7	11	15	7	11
20/01/2013 23h	26	13	17	24	11	16

Tabela A.8: Resultados da Classificação de Alarmes Compostos para ambos os SCADAs

Data	SCADA Norte			SCADA Sul		
	# CClass	# EClass	# NI	# CClass	# EClass	# NI
19/01/2013 00h	175	1	1	93	0	10
19/01/2013 01h	231	0	4	196	0	14
19/01/2013 02h	174	1	1	266	0	30
19/01/2013 03h	109	0	2	255	0	15
19/01/2013 04h	84	0	2	160	0	25
19/01/2013 05h	208	4	1	137	0	21
19/01/2013 06h	261	0	7	222	0	4
19/01/2013 07h	185	0	11	348	0	21
19/01/2013 08h	89	0	5	371	0	21
19/01/2013 09h	224	0	1	472	26	0
19/01/2013 10h	323	1	10	477	36	10
19/01/2013 11h	461	0	4	443	0	29
19/01/2013 12h	316	5	3	472	0	33
19/01/2013 13h	261	4	7	410	0	10
19/01/2013 14h	210	5	2	316	0	11
19/01/2013 15h	152	0	6	215	0	9
19/01/2013 16h	103	9	1	130	0	9
19/01/2013 17h	92	3	0	132	0	9
19/01/2013 18h	73	6	0	100	3	0
19/01/2013 19h	62	0	2	64	0	11
19/01/2013 20h	48	2	0	87	0	15
19/01/2013 21h	56	4	0	66	1	2
19/01/2013 22h	60	0	1	44	2	2
19/01/2013 23h	44	0	1	44	0	7
20/01/2013 00h	32	1	0	61	0	10
20/01/2013 01h	63	3	0	48	3	6
20/01/2013 02h	25	0	0	42	2	4
20/01/2013 03h	31	3	0	36	2	4
20/01/2013 04h	23	0	2	30	4	7
20/01/2013 05h	13	0	1	57	0	7
20/01/2013 06h	12	0	2	23	1	14
20/01/2013 07h	13	0	6	47	4	7
20/01/2013 08h	18	0	1	15	0	12
20/01/2013 09h	37	0	1	9	0	4
20/01/2013 10h	50	1	3	24	0	3
20/01/2013 11h	64	0	3	25	3	11
20/01/2013 12h	35	0	2	65	0	13
20/01/2013 13h	26	3	0	129	0	8
20/01/2013 14h	56	0	2	119	0	29
20/01/2013 15h	28	1	0	136	0	26
20/01/2013 16h	49	4	0	152	0	16
20/01/2013 17h	21	0	0	125	0	12
20/01/2013 18h	18	1	0	90	0	17
20/01/2013 19h	14	1	0	43	2	3
20/01/2013 20h	17	0	0	41	2	0
20/01/2013 21h	24	3	0	20	0	4
20/01/2013 22h	29	2	0	18	0	0
20/01/2013 23h	9	3	0	27	0	3

Referências

- [1] A. Vivaldi, C. H. V. De Moraes, C. I. de Almeida Costa, e G. Lambert-Torres. Smart alarm and event processing. Em *Power and Energy Society General Meeting, 2012 IEEE*, páginas 1–8, July 2012. doi:10.1109/PESGM.2012.6345170.
- [2] EDIS. Em *Estruturas Organizativas das Empresas Participadas*. Apresentação.
- [3] António Leitão. Proposta de dissertação 2014. Em *Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto*. EDP Distribuição and Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Fevereiro 2014.
- [4] André Filipe Pinto de Almeida Soares. O impacto da estruturação de dados operacionais em tempo real no comportamento do indivíduo na tomada da decisão. Tese de mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2008.
- [5] Zita Vale. Centros de Controlo e Condução de Redes Elétricas: Questões Relativas ao Tratamento da Informação. Em *GECAD – Grupo de Investigação em Engenharia do Conhecimento e Apoio à Decisão*. Apresentação. Disponível em www.dei.isep.ipp.pt/~csr/SP/palestra_sparse.pdf.
- [6] B.F. Wollenberg. Feasibility study for an energy management system intelligent alarm processor. *Power Systems, IEEE Transactions on*, 1(2):241–246, May 1986. doi:10.1109/TPWRS.1986.4334937.
- [7] K. Hasan, B. Ramsay, S. Ranade, e C.S. Ozveren. An object-oriented expert system for power system alarm processing and fault identification. Em *Electrotechnical Conference, 1994. Proceedings., 7th Mediterranean*, páginas 909–912 vol.3, April 1994. doi:10.1109/MELCON.1994.380954.
- [8] Paulo Viegas e Sandra Rodrigues. Sistema GENESys. Em *GENESys – Manual de Utilizador*. EFACEC, Junho 2010.
- [9] Paulo Viegas. Lista de alarmes. Em *GENESys – Manual de Utilizador*. EFACEC, Março 2010.
- [10] EDP Distribuição. Em *Folha Excel – Normalização_Descritivos_SCADA_23072012.xlsx*, Julho 2012.
- [11] EDP Distribuição. Em *Folha Excel – logtype_stype.xlsx*, Abril 2014.
- [12] A. Vivaldi, C. H. V. De Moraes, C. I. de Almeida Costa, e G. Lambert-Torres. Desenvolvimento de Filtro de Alarmes em Tempo Real. páginas 1–6, 2012.

- [13] William R. Prince, B.F. Wollenberg, e D.B. Bertoignolli. Survey on excessive alarms. *Power Systems, IEEE Transactions on*, 4(3):950–956, Aug 1989. doi:10.1109/59.32584.
- [14] António Leitão. Em *GENESys – Tratamento Inteligente de Alarmes*. EDP Distribuição.
- [15] Aurélio Blanquet. Developing a Flexible, Secure, Integrated SCADA Infrastructure to Fully Support the Evolving Smart Grid. Em *NextGen SCADA Europe 2013 – Conference*. EDP Distribuição, March 2013. Amsterdam, Netherlands. Presentation. Available on http://www.nextgenscada-europe.com/SCADA_Architecture_to_Support_the_Smart_Grid.pdf.
- [16] Z.A. Vale, A. Moura, M. Fernnades, e A. Marques. Sparse - an expert systems for alarm processing and operator assistance in substations control centres. *ACM Applied Computing Review*, 2(2):18–26, 1994.
- [17] Z. Vale, C. Ramos, L. Faria, N. Malheiro, A Silva, e A Marques. Sparse - an intelligent alarm processor for portuguese transmission control centres. Em *Human Interfaces in Control Rooms, Cockpits and Command Centres, 1999. International Conference on*, páginas 446–451, June 1999. doi:10.1049/cp:19990231.
- [18] A. Leitão, C. Mota Pinto, V. Santos, P. Dias, P. Viegas, D. Marsh, e P. Bizarro. Smart alarm processing. Em *Electricity Distribution (CIRED 2013), 22nd International Conference and Exhibition on*, páginas 1–3, June 2013. doi:10.1049/cp.2013.0973.
- [19] George A. Miller. The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. Em *The Psychological Review*. EDP Distribuição and EFA-CEC and FEEDZAI, June 1956. Available on <http://http://www.musanim.com/miller1956/>.
- [20] Pedro Dias. Em *Reconhecimento de Acontecimentos e Extração de Informação dos Registos SCADA. (Ex. Proteção e Relação)*. EDP Distribuição, Junho 2011.
- [21] EXPRESSO IMPRESA PUBLISHING S.A. *GONG*, a tempestade que varreu Portugal, Janeiro 2013. Disponível em <http://expresso.sapo.pt/gong-a-tempestade-que-varreu-portugal=f782398>. Acedido a última vez em Março de 2014.
- [22] Carlos Franquinho. Temporal de 18/19 janeiro de 2013, Janeiro 2014. Disponível em <http://carlos.franquinho.info/tag/tempestade/>. Acedido a última vez em Março de 2014.
- [23] Prof. Dr. Ruibran dos Reis. A tempestade *GONG*. Disponível em <http://www.voxobjetiva.com.br/artigo/416/a-tempestade-gong>. Acedido a última vez em Março de 2014, YEAR=, month=, day=.
- [24] EXPRESSO IMPRESA PUBLISHING S.A. Temporal de janeiro custou €130 milhões, Abril 2013. Disponível em http://http://riskam.ul.pt/disaster/images/pics/expresso_6_4_2013.pdf. Acedido a última vez em Março de 2014.
- [25] Correio da Manhã. A tempestade de janeiro custou €15 à edp, Fevereiro 2013. Acedido a última vez em Março de 2014.

- [26] Aurélio Blanquet. SCADA Data: Breaking Down Silo-based Operations and Teams to Leverage SCADA Data and Improve Network Operation, Maintenance and Investment Decisions. Em *Grid Analytics 2013 – Conference*. EDP Distribuição, October 2013. London, England. Presentation. Available on <http://www.gridanalytics-europe.com/SCADA%20Data%20-%20AurelioBlanquet.pdf>.
- [27] EDP Distribuição. A world full of energy - relatório e contas 2012, Janeiro 2013. Disponível em http://www.edpdistribuicao.pt/pt/edpDistribuicao/indicadoresGestao/EDP%20Documents/RC12_EDP%20Distribuicao.pdf. Acedido a última vez em Abril de 2014.
- [28] A. Leitão, C. Mota Pinto, V. Santos, P. Dias, P. Viegas, D. Marsh, e P. Bizarro. Smart alarm processing. Em *CIREN 2013 – International Conference and Exhibition on Electricity Distribution*. EDP Distribuição and EFACEC and FEEDZAI, June 2013. Stockholm, Sweden. Presentation. Available on http://www.cired.net/publications/cired2013/pdfs/CIREN2013_0858_final.pdf.
- [29] Coloração e Tracing. Em *GENESys – Manual de Utilizador*. EFACEC.
- [30] Evandro Araújo, Júlio. Queiroz, e Davidson. Ferreira. Um processador de alarme inteligente. *SBA Controle & Automação*, 4(2), June 1994.